ಶಾಖ ಪ್ರಕರಣ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್, ಎಂ.ಎಸ್‌ಸಿ., ಎಲ್‌ಎಲ್.ಬಿ.



ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ
೧೯೬೬


BANGALORE UNIVERSITY LIBRARY
BANGALORE

ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕ ಮಾಲೆ—೪೩

ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕ
ಡಾ|| ಕೆ. ವಿ. ಪುಟ್ಟಪ್ಪ, ಎಂ.ಎ., ಡಿ.ಲಿಟ್

ಶಾಖ ಪ್ರಕರಣ

ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್, ಎಂ.ಎಸ್‌ಸಿ., ಎಲ್‌ಎಲ್.ಬಿ.



ಪ್ರಸಾರಾಂಗ
ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯ
೧೯೬೬

ಮೊದಲನೆಯ ಮುದ್ರಣ : ೧೯೬೬

ಬೆಲೆ :

ಸಾದಾರಣ ೬.೫೦ ಉತ್ತಮ ೭.೫೦



ಮುದ್ರಕರು :
ಜಿ. ಹೆಚ್. ರಾಮರಾವ್
ಮೈಸೂರು ಪ್ರಿಂಟಿಂಗ್ ಅಂಡ್ ಪಬ್ಲಿಷಿಂಗ್ ಹೌಸ್
ಮೈಸೂರು

ಮುನ್ನುಡಿ

ವಿದ್ಯಾಭ್ಯಾಸದ ಸರ್ವ ಶ್ರೇಣಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ದೇಶಭಾಷೆ ಶಿಕ್ಷಣಮಾಧ್ಯಮವಾಗಬೇಕಾದುದು ಅತ್ಯವಶ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇದು ಒಬ್ಬಿಬ್ಬರು ಭಾಷಾಭಿಮಾನಿಗಳು ದುರುದ್ದೇಶದಿಂದಾಗಲಿ, ಪಕ್ಷಪಾತ ಮನೋಭಾವದಿಂದಾಗಲಿ ಹೇಳುವ ಮಾತಲ್ಲ. ರಾಷ್ಟ್ರದ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಪ್ರಗತಿ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಸರ್ವಾಂಗೀಣ ವಿಕಾಸ—ಇವುಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ನಡೆಸಿದ ಕೂಲಂಕಷವಾದ ಚರ್ಚೆ ಮತ್ತು ಸರ್ವಂಕಷವಾದ ವಿಚಾರ ಮಥನಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಸಿದ್ಧಿಸಿದ ತತ್ತ್ವವಿದು. ಡಾ॥ ಅಮರನಾಥ ಝಾರಂಥ ಶ್ರೇಷ್ಠ ಶಿಕ್ಷಣತಜ್ಞರಿಂದ ಹಿಡಿದು ಮಹಾತ್ಮಾ ಗಾಂಧೀಜಿಯಂಥ ರಾಷ್ಟ್ರನಾಯಕರವರೆಗೆ ಎಲ್ಲರೂ ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮದ ಸಾರ್ಥಕತೆಯನ್ನು ಒತ್ತಿಹೇಳಿದ್ದಾರೆ. ಹಿಂದಿನ ಆಂಗ್ಲ ಸರ್ಕಾರ ನೇಮಿಸಿದ್ದ ಸ್ಯಾಡ್ಲರ್ ವಿಚಾರಣಾ ಸಮಿತಿ ಮತ್ತು ಹಾರ್ಟೋಗ್ ಸಮಿತಿಗಳೂ ಸರ್ ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ವುಡ್, ಸರ್ ಸಾರ್ಜಂಟ್ ಮೊದಲಾದ ವಿದೇಶೀಯ ಶಿಕ್ಷಣತಜ್ಞರೂ, ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮದಿಂದಲ್ಲದೆ ಭಾರತೀಯರ ಶಿಕ್ಷಣ ಸಫಲವಾಗದೆಂದೂ ಸಮರ್ಪಕವಾಗದೆಂದೂ ಏಕಕಂಠದಿಂದ ಸಾರಿದ್ದಾರೆ.

ಈ ಶಿಕ್ಷಣಸೂತ್ರವನ್ನು ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡೇ ಭರತಖಂಡದ ಅನೇಕ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಲ್ಲಿ ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮ ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿ ಕಾರ್ಯಗತವಾಗುತ್ತಿದೆ. ನಾಗಪುರ, ಅಲಹಾಬಾದ್, ಕಾಶಿ ಮೊದಲಾದ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯಗಳಿಂದ ಅಧಿಕೃತವಾಗಿ ದೊರೆತ ವರದಿಗಳಿಂದ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಆದರಪೂರ್ವಕವಾಗಿ ಅನಿರ್ಬಂಧವಾಗಿ ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತಿರುವುದೂ, ಅದರಿಂದ ಪರೀಕ್ಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಫಲಿತಾಂಶ ತುಂಬಾ ಆಶಾದಾಯಕವಾಗಿ ಗೋಚರಿಸುತ್ತಿರುವುದೂ ಸುಸ್ಪಷ್ಟವಾಗುತ್ತಿದೆ.

ದೇಶಭಾಷಾ ಮಾಧ್ಯಮ ಬೇಡವೆನ್ನುವ ಸಂಪ್ರದಾಯಶರಣರ ಸಂಖ್ಯೆ ಈಗೀಗ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಳಿಮುಖವಾಗುತ್ತಿದ್ದರೂ ಅಲ್ಲೊಬ್ಬರು ಇಲ್ಲೊಬ್ಬರು

ಇನ್ನೂ ಇದ್ದಾರೆ. ಅವರು ತಮ್ಮ ನಿಲುವನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಕೊಡುವ ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣಗಳಿವು :

೧. ದೇಶಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಅಥವಾ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪದಗಳ ದಾರಿದ್ರ್ಯ.

೨. ಗ್ರಂಥಗಳ ಅಬಾವ.

೩. ವಿವಿಧ ಪ್ರಾಂತಗಳ ವಿದ್ವಾಂಸರ ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕೆ ಮತ್ತು ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ಪರಸ್ಪರ ವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಅಡಚಣೆ.

ಈ ಕಾರಣಗಳು ಸಂಪೂರ್ಣ ನಿರಾಧಾರವೆಂಬುದು ಕೆಳಗಣ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ :

೧. ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಥವಾ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಹೊಸ ಹೊಸ ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಸೃಷ್ಟಿಸುವ ಸಂಕಟಕ್ಕೆ ಗುರಿಯಾಗಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಶಬ್ದಗಳನ್ನೆ ಇದ್ದಹಾಗೆಯೆ ಬಳಸಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಆವಶ್ಯಕತೆ ಕಂಡುಬಂದರೆ ಮಾತ್ರ ವಿವರಣಾತ್ಮಕವಾಗಿ ದೇಶಭಾಷೆಯ ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳು ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅಂಕಿತ ನಾಮಗಳು ತಾನೆ! ಕೇಂದ್ರ ಸರ್ಕಾರದ ವಿದ್ಯಾಖಾತೆ ತಯಾರಿಸಿರುವ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳ ಕೋಶ ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೆ ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯವೂ ಈ ಮಾರ್ಗವನ್ನೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅಂಗೀಕರಿಸಿದೆ.

೨. ಈಗಾಗಲೆ ಎಲ್ಲಾ ಭಾಷೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಗ್ರಂಥಗಳು ಹೊರಬೀಳುತ್ತಿವೆ. ಆವಶ್ಯಕತೆ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಅವುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ. ಪೇಟೆಯಲ್ಲಿ ಗಿರಾಕಿ ಇದೆಯೆಂದು ತಿಳಿದರೆ ಸಾಕು, ಗ್ರಂಥಗಳು ಲೆಕ್ಕವಿಲ್ಲದೆ ಹೊರಬರುತ್ತವೆ.

೩. ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಶಬ್ದಗಳನ್ನು ಬಿಡುವುದಿಲ್ಲವಾದುದರಿಂದಲೂ, ಹಿಂದಿ ಅಥವಾ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಭಾಷೆಯನ್ನು ಕಡ್ಡಾಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲಾ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳು ಒಂದಲ್ಲ ಒಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಲಿಯಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ ವಿದ್ವಾಂಸರ ಸಂಪರ್ಕಕ್ಕಾಗಲಿ, ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ವಿನಿಮಯಕ್ಕಾಗಲಿ ಅಡಚಣೆ ಆಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ದೊಡ್ಡ ರಾಷ್ಟ್ರದಲ್ಲಿ ಸರ್ಕಾರಿ ನೌಕರರ ಸಂಖ್ಯೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಭಾಗವೆನ್ನುವುದನ್ನೂ, ಈ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಸರ್ಕಾರಿ

ನೌಕರರ ಹಿತಕ್ಕಾಗಿ ಇಡೀ ರಾಷ್ಟ್ರದ ಕಲ್ಯಾಣವನ್ನು ಬಲಿಗೊಡುವುದು ಸರಿಯಲ್ಲವೆಂಬುದನ್ನೂ ಮರೆಯಬಾರದು.

ಶ್ರೀಮಾನ್ ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್ ಅವರು ಹಲವು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಮೈಸೂರು ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಾಧ್ಯಾಪಕರಾಗಿದ್ದುಕೊಂಡು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಬಗ್ಗೆ ಆಳವಾದ ಅಭ್ಯಾಸ ನಡೆಸಿ, ಗಾಢವೂ ಅಗಾಧವೂ ಆದ ಅನುಭವವನ್ನು ಪಡೆದಿದ್ದಾರೆ. ಇವರ ಈ 'ಶಾಖ ಪ್ರಕರಣ' ಗ್ರಂಥ ಸರ್ವಮಾನ್ಯವಾಗುವುದರಲ್ಲಿ ಸಂದೇಹವಿಲ್ಲ.

ಮೈಸೂರು
೧೬–೩–೧೯೬೭

ಕೆ. ವಿ. ಪುಟ್ಟಪ್ಪ
ಪ್ರಧಾನ ಸಂಪಾದಕ

ಅರಿಕೆ

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಈಗ ಹೊಸದಾಗಿ ಅನುಸರಿಸಲಾಗುತ್ತಿರುವ ಮೂರು ವರ್ಷದ ಡಿಗ್ರಿ ಕೋರ್ಸ್‌ಗಾಗಿ ರಚಿಸಿರುವ ಪಾಠಕ್ರಮಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ. ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾದ ಶಾಖಪ್ರಕರಣದ ಮೊದಲನೆಯ ಭಾಗವು ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ವರ್ಷದ ಪಠ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲಾಗಿದೆ. ಶಾಖಪ್ರಕರಣದ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗವಾದ ಶಾಖ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರ ಮತ್ತು ಶಾಖ ಪ್ರಸಾರ (Thermodynamics and Radiaton)ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಷಯಗಳು ಮೂರನೆಯ ವರ್ಷದ ಪಠ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ಪುಸ್ತಕದ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲು ಉದ್ದೇಶಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ಕೆಲವು ವರ್ಷಗಳಿಂದೀಚೆಗೆ ಪ್ರೀ ಯೂನಿರ್ವಸಿಟಿ (Pre-university) ತರಗತಿಯಲ್ಲಿ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರವನ್ನು ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಪಾಠ ಹೇಳಲು ಉಪಕ್ರಮವಾಗಿರುವ ಪ್ರಯೋಗವು ಯಶಸ್ವಿಯಾಗಿಯೇ ಸಾಗುತ್ತಿದೆ. ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಆಶ್ರಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಕಟಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪಠ್ಯ ಪುಸ್ತಕವೂ ಕೂಡ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳಿಗೂ ಉಪಾಧ್ಯಾಯರಿಗೂ ಬಹಳ ಉಪಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳೂ ಕೂಡ ಸಾಕಷ್ಟು ಉತ್ತೇಜನವನ್ನು ಕೊಡುವ ಹಾಗಿವೆ.

ಮೊದಲನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದಿರುವ ಫಲವನ್ನು ಊರ್ಜಿತ ಮಾಡಿ ಮುಂದುವರೆಸಲು ಉದ್ಭವಿಸುವ ಅಪೇಕ್ಷೆಯು ಸಹಜವಾಗಿಯೇ ಇದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೇ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದವರು ಡಿಗ್ರಿ ಕೋರ್ಸಿನಲ್ಲಿಯೂ ಸಹ ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭಮಾಡಲು ಅವಶ್ಯಕವಾದ ಕಾರ್ಯಕ್ರಮಗಳನ್ನು ಕೈಕೊಂಡಿದ್ದಾರೆ. ಅದರ ಅಂಗವಾಗಿಯೇ ಎಲ್ಲ ವಿಜ್ಞಾನಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಪಠ್ಯಕ್ರಮವನ್ನು ಕನ್ನಡ

ದಲ್ಲಿ ಪುಸ್ತಕ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಬರೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ ಲೇಖಕರನ್ನು ನಿಯಮಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಈ ನಿಯೋಜನೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿಯೇ ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ಬರೆಯಲಾಗಿದೆ.

ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಪ್ರಾದೇಶಿಕ ಭಾಷೆಗಳನ್ನು ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನಾಗಿ ಬಳಸಬೇಕು. ಎಂಬ ತತ್ತ್ವದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಅಭಿಪ್ರಾಯಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಏಳುತ್ತವೆ. ಹೊಸದಾಗಿ ತರಲ್ಪಡುವ ಯಾವುದೇ ವಿಚಾರಕ್ಕೂ ಈ ವಿಧವಾದ ತೊಂದರೆಯ ಘಟ್ಟಗಳು ಉದ್ಭವಿಸುವುದು ಸಹಜ—ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ತರುವ ಪ್ರಯತ್ನದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 20 ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ ತಲೆದೋರಿದ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು, ಶಂಕೆಗಳು ಎಲ್ಲವೂ ಈಗ ಬಗೆಹರಿದಿವೆಯೆಂದು ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಹೇಳಬಹುದು. ಪ್ರೌಢಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮದ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿದ್ದು ಒಂದು ಸುಭದ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದೆಯೆಂದು ಅನೇಕರ ಅಭಿಪ್ರಾಯ. ಈಗ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದಲ್ಲಿ ಕನ್ನಡ ಮಾಧ್ಯಮವನ್ನು ಪ್ರಾರಂಭ ಮಾಡುವ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗಿರುವ ತರ್ಕ ಮತ್ತು ಭೀತಿಗಳೂ ಕೂಡ ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಮೆಯಾಗುವುವು ಎಂಬ ವಿಶ್ವಾಸವು ನಮ್ಮ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಅಧಿಕಾರಿಗಳಿಗೆ ಇದೆ.

ಈ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸಫಲಮಾಡಲು ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಪಠ್ಯಪುಸ್ತಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಕಟನೆ ಮಾಡುವುದು ಮುಖ್ಯವಾದ ಕರ್ತವ್ಯವಾಗಿದೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವಾಗಿ ರಚಿಸಲ್ಪಡುವ ಈ ಗ್ರಂಥಗಳನ್ನು ಬರೆಯುವ ಲೇಖಕರ ಮೇಲೆ ದೊಡ್ಡ ಹೊಣೆಗಾರಿಕೆಯಿದೆ. ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳಿಗೆ ಸಮಾನ ಪದಗಳನ್ನು ಹುಡುಕುವುದೇ ಲೇಖಕರ ಬಹಳ ಗುರುತರವಾದ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವಾಗಿದೆ. ಆದರೂ, ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ತಜ್ಞರಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಸಮರಸಭಾವನೆಯಿದೆ. ಅದೇನೆಂದರೆ ಪಾರಿಭಾಷಿಕ ಪದಗಳನ್ನು ತರ್ಜುಮೆಮಾಡಲು ಕಷ್ಟವಾಗುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲೆಲ್ಲ ಮೂಲ ಇಂಗ್ಲೀಷ್ ಪದಗಳನ್ನು ಉಳಿಸುವುದು ಕ್ಷೇಮ. ಈ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿಯೇ ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿಯೂ ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈಗಾಗಲೇ ಸರ್ವಸಮ್ಮತವಾಗಿರುವ ಪದಗಳಿವೆಯೋ ಅವುಗಳನ್ನು ಉಪ

ಯೋಗಿಸಿ ಮಿಕ್ಕ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಮೂಲ ಪದಗಳನ್ನೇ ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಕೆಲವು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಅದೇ ಅರ್ಥವುಳ್ಳ ಸಮಾನ ಪದಗಳು ಗೋಚರವಾದಾಗ ಅವುಗಳನ್ನು ಬಳಸಲಾಗಿದೆ. ಕೆಲವು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ಅದೇ ಅರ್ಥವುಳ್ಳ ಸಮಾನ ಪದಗಳು ಗೋಚರವಾದಾಗ ಅವುಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನೂ ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಪಡೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಆಂಗ್ಲ ಪದಗಳನ್ನೂ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿಯೇ ತೋರಿಸಲಾಗಿದೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕದಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಬರೆಯಲು ಪಠ್ಯ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿದೆ. ಈಗ ಹಲವಾರು ವರ್ಷಗಳಿಂದ ಕಾಲೇಜುಗಳಲ್ಲಿ ಬೋಧಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾಗಿರುವ ಅನುಭವವನ್ನೂ ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಮೊದಲನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉದ್ಭವಿಸಬಹುದಾದ ಹಲವಾರು ದೋಷಗಳು ಈ ಗ್ರಂಥದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರಬಹುದು. ಸಹೃದಯರಾದ ಅಧ್ಯಾಪಕ ವರ್ಗದಿಂದಲೂ, ವಿದ್ಯಾರ್ಥಿ ವೃಂದದಿಂದಲೂ ಸಹಾನುಭೂತಿಯನ್ನು ಕೋರಿ ಅವಶ್ಯಕವಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಅನುಮೋದಿಸಲು ಲೇಖಕನು ಸಿದ್ಧನಾಗಿರುತ್ತಾನೆ.

ಈ ಪುಸ್ತಕವನ್ನು ರಚಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿತ್ತ ವಿಶ್ವವಿದ್ಯಾನಿಲಯದ ಅಧಿಕಾರ ವರ್ಗದವರಿಗೆ ಹೃತ್ಪೂರ್ವಕ ವಂದನೆಗಳನ್ನು ಸಲ್ಲಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಈ ಗ್ರಂಥ ರಚನೆಯ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉತ್ತಮ ಸಲಹೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟಿರುವ ನನ್ನ ಮಿತ್ರರೂ ಸಹೋದ್ಯೋಗಿಗಳೂ ಆದ ಡಾ|| ಎಲ್. ಸೀಬಯ್ಯನವರಿಗೂ ನನ್ನ ವಂದನೆಗಳನ್ನು ಅರ್ಪಿಸುತ್ತೇನೆ.

ಬೆಂಗಳೂರು. **ಕೆ. ಶೇಷಾದ್ರಿ ಅಯ್ಯಂಗಾರ್**

ವಿಷಯಾನುಕ್ರಮಣಿಕೆ



ಶಾಖ ಪ್ರಕರಣ

ಪೀಠಿಕೆ

ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಿದ್ಯಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಆಕರ್ಷಣೀಯವಾದ ವಸ್ತುವೆಂದರೆ ಅಗ್ನಿ ಅಥವಾ ತೇಜಸ್. ಅನಾದಿಕಾಲದಿಂದಲೂ ಭೌತ ಪ್ರಪಂಚದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಪೃಥಿವಿ, ಅಪ್, ತೇಜಸ್ಸು, ವಾಯು ಮತ್ತು ಆಕಾಶ ಎಂಬ ಐದು ಮೂಲಭೂತಗಳು ಅಡಗಿರುವುವಾಗಿ ಭಾವಿಸಲಾಗಿತ್ತು. ಆದುದರಿಂದ ಅಗ್ನಿ ಮತ್ತು ಶಾಖಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಬಹಳ ಕೌತುಕದಿಂದ ಅಧ್ಯಯನಮಾಡಲಾಗುತ್ತಿದೆ. ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ನಡೆದಷ್ಟು ವಿಚಾರವು ಗಹನವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುತ್ತಿದೆ.

ಹಲವಾರು ಶತಮಾನಗಳ ಹಿಂದೆಯೇ ಗ್ರೀಕ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಶಾಖದ ವಿಚಾರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಕೆಲವು ಸಿದ್ಧಾಂತಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದರು. ಇವುಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಶಾಖವು ಕಣಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವಂತೆಯೂ, ದ್ರವದ ರಚನೆಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವಂತೆಯೂ ತಿಳಿಯಲಾಗಿದ್ದಿತು. ಆದರೆ, ಈ ತತ್ತ್ವಗಳಿಗೆ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರವೂ ಇಲ್ಲದ್ದರಿಂದ, ಕೇವಲ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರತಿಭೆಗಳಾಗಿ ಉಳಿದುವು. 17ನೇ ಶತಮಾನದಿಂದೀಚೆಗೆ ವಿಜ್ಞಾನದ ಯುಗವು ಆರಂಭವಾದಾಗಿನಿಂದ, ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತಳಹದಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುವ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಶಾಖದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅರಿಯಲು ನಮಗೆ ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಶಾಖದ ಪ್ರಕರಣವು ಇಂದು ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಪ್ರಧಾನ ಅಂಗವಾಗಿದೆ. ಭೌತ ಪ್ರಪಂಚದ ಅರಿವು ನಮಗೆ ಬರುವುದು ಸ್ಪರ್ಶ, ದೃಷ್ಟಿ, ಶ್ರವಣ ಮೊದಲಾದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅನುಭವಗಳಿಂದ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಕಾರಣವಾದ ಶಾಖದ ಸ್ವರೂಪ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಈ ಪ್ರಕರಣದ ಧ್ಯೇಯವಾಗಿದೆ.

ಈಗ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವ ಪ್ರಕಾರ ಶಾಖವು ಒಂದು ವಿಧವಾದ ಶಕ್ತಿ (Energy) ಎಂಬುದಾಗಿ ಗಣಿಸಲಾಗಿದೆ. ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಚಲನಾಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವಿದೆಯೆಂದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕರ ಮತ. ವಿಜ್ಞಾನದಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಅಥವಾ ಮಾನ(Measurement)ಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ತಿಳಿದು ಅದನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಒಂದು ಶಕ್ತಿ(Energy)ಯ ಮಾನವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಅದರ ನಿಯಮರಹಿತಸ್ಥಿತಿ(State of Disorder)ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಎನ್‌ಟ್ರಪಿ (Entropy) ಎಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟಿದ್ದಾರೆ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಶಾಖವೆಂಬುದು ನಿಯಮರಹಿತಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಶಕ್ತಿ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಶೂನ್ಯಾಕಾಶದಲ್ಲಿ (Empty Space) ಪ್ರಸಾರವಾಗುವ ಶಾಖವು ಮತ್ತೊಂದು ಬಗೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಬೆಳಕು, ರೇಡಿಯೊ ಅಲೆಗಳು, ಶಾಖ, ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ವಿದ್ಯುದಯಸ್ಕಾಂತ ಅಲೆಗಳ (Electro-magnetic Waves) ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದುವು. ಈ ಶಾಖ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ತಿಳಿದುಬಂದಿವೆ. ಇವುಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಶಾಖ ಶಾಸ್ತ್ರದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸಿರುವ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳಾದ ನ್ಯೂಟನ್, ಜೌಲ್, ರೋಲೆಂಡ್ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್, ಕೆಲ್ವಿನ್, ಕಾರ್ನೋ, ನರ್ನ್‌ಸ್ಟ್, ಪ್ಲಾಂಕ್ ಇವರ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ಜ್ಞಾಪಿಸಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಒಳ್ಳೆಯದು.

ಶಾಖದ ಮಟ್ಟ ಮತ್ತು ಅದರ ಅಳತೆ
(Temperature and its Measurement)

ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ಶೀತ ಎಂಬ ಪದಗಳನ್ನು ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸು

ವಾಗ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಾವು ನಮ್ಮ ಸ್ಪರ್ಶಕ್ಕೆ ಕಾಣಬರುವ ಅನುಭವವನ್ನು ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಿವರಿಸುವುದು ಬಹಳ ದೋಷಗಳಿಂದ ಕೂಡಿರುತ್ತದೆ. ಸ್ಪರ್ಶದ ಅನುಭವವು ಮನುಷ್ಯನ ಪ್ರಕೃತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಡುವುದರಿಂದ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ಒಂದೇ ವಿಧವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಒಬ್ಬ ಮನುಷ್ಯನ ಅನುಭವವೇ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಬಿಸಿ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಒಂದು ಕೊಠಡಿಗೆ ಬಂದಾಗ ಅದು ತಣ್ಣಗಿರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಅದೇ ಮನುಷ್ಯನು ಅದೇ ಕೊಠಡಿಗೆ ಒಂದು ವಾಯು ನಿಯಂತ್ರಿತವಾದ (Air-conditioned) ತಂಪು ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಪ್ರವೇಶಿಸಿದಲ್ಲಿ ಆ ಕೊಠಡಿಯು ಬಹಳ ಉಷ್ಣವಾಗಿ ಕಂಡುಬರುವುದು. ಆದುದರಿಂದ ಅವನ ಅನುಭವಕ್ಕೆ ಯಾವ ಬೆಲೆಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಭೌತ ಪ್ರಮಾಣಗಳಂತೆಯೇ (Physical Quantities) ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಮಾನವನ್ನು (Unit) ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಲಾದ ಮಾನದ ಎಷ್ಟು ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಅಡಗಿವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಅಳತೆಮಾಡಿದ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಟೆಂಪರೇಚರ್ ಅಥವಾ ಖರತ್ವ(Temperature)ವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಇದೇ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯವಾದ ಮಾರ್ಗ. ಹೀಗೆ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅಳೆದು ತಿಳಿಸುವ ಸಾಧನಗಳಿಗೆ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ(Thermometer)ಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸುವಾಗ ಶಾಖದಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗುತ್ತವೆಯೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಆವಶ್ಯಕ. ಮೊದಲು ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಆಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತತ್ತ್ವಶಃ ಅರಿತ ನಂತರ ಅವುಗಳನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡುವ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ರೂಪಿಸಬೇಕು. ಈಗ ಅವುಗಳ ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡೋಣ.

ಶಾಖದಿಂದ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ

ಎಂಬ ಅಂಶ ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟ ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳು ವಿಕಾಸ (Expand) ಹೊಂದುತ್ತವೆ. 0°C–4°C ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನೀರು ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ.

ಘನಸ್ವರೂಪದ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ (Solids) ಅವುಗಳ ಆಕಾರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಉದ್ದ, ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ, ಘನ—ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವರೂಪದ ವಸ್ತುಗಳ ಘನಪ್ರಮಾಣವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆ ಬದಲಾವಣೆಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ಪಾದರಸ (Mercury-in Glass) ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಘನ–ದ್ರವ-ರೂಪಗಳ ವಸ್ತುಗಳ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಮುಂದೆ ತಿಳಿಸಲಾಗುವುದು.

ಅನಿಲರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತು(Gases)ಗಳು ಕೂಡ, ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟ ಏರಿದರೆ, ತಮ್ಮ ಗಾತ್ರ (Volume), ಒತ್ತಡ (Pressure)—ಇವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಒಳಗೊಂಡಿರುವಂತೆ ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. ಇವುಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಕೂಡ ಮುಂದೆ ತಿಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಶಾಖದಿಂದ ಆಗುವ ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಭೇದ (Change of State)—ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವೂ ಕೆಲವು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಘನರೂಪದಿಂದ ದ್ರವಕ್ಕೂ, ದ್ರವರೂಪದಿಂದ ಹಬೆ(Vapour)ಯ ರೂಪಕ್ಕೂ ಬದಲಾವಣೆಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ ಕರಗುವ ಬಿಂದು (Melting Point) ಮತ್ತು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು (Boiling Point) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ನಾವು ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಒಂದು ಲೋಹದ ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧ ಪ್ರಮಾಣವು (Electrical Resistance) ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಉಷ್ಣಮಟ್ಟದ ಏರಿಕೆಯೊಂದಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ—ಈ ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ರೆಸಿಸ್ಟೆನ್ಸ್ ಥರ್ಮಾಮಿಟರ್ (Platinun Resistance

Thermometer) ಎಂಬ ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ ಸಾಧನವನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಅತಿ ವಿಸ್ತಾರವಾದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ(Wide Range) ಉಪಯೋಗವಾಗುವುದರಿಂದಲೂ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದರಿಂದಲೂ ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಸಾಧನಗಳು.

ಶಾಖಕ್ಕೂ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಗೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ ಕೊಂಡು ಮತ್ತೊಂದು ಬಗೆಯ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ. ಎರಡು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಲೋಹಗಳ ತಂತಿಗಳ ತುದಿಗಳನ್ನು ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ, ಒಂದು ಸಂಧಿ(Junction)ಯನ್ನು ಕರಗುವ ಹಿಮದಲ್ಲಿಯೂ ಇನ್ನೊಂದನ್ನು ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿಯೂ ಇಟ್ಟರೆ, ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದೆಸೆಯಿಂದ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು (Electrical Current) ಆ ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ಹರಿಯುತ್ತದೆ—ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಳಹದಿಯಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಶಾಖ ವಿದ್ಯುತ್ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (Thermo-electric Thermometer)ಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಬಹುದು.

ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಹಬೆ ಒತ್ತಡ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು (Vapour Pressure Thermometers) ಸಹಕಾರಿಯಾಗುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಹಬೆಯ ಒತ್ತಡವು ಅದರ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವುದೇ ಇವುಗಳ ತತ್ತ್ವ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಅರ್ಕಾನಿಲ (Helium)ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಇನ್ನೂ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಶಾಖಕ್ಕೂ ವಸ್ತುಗಳ ಅಯಸ್ಕಾಂತ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೂ (Magnetic Permeability) ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಯುವ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಈ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೂ ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಡೆದು ಉಷ್ಣ ಮಟ್ಟದ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಗುರಿಯಾದ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯಬಿಂದು (Absolute Zero Point)ವಿನ ಹತ್ತಿರ ಮುಟ್ಟಲು ಅವಕಾಶವಾಗಿದೆ.

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಮಿತಿಯಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಮಿತಿಯಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಬೇರೆ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಅವುಗಳಿಗೆ ಪೈರಾಮಿಟರ್ಸ್ (Pyrometers) ಎಂದು ಹೆಸರು. ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಅದರಿಂದ ಹೊರಬೀಳುವ ಶಾಖಪ್ರಸಾರ(Radiation)ದ ಶಕ್ತಿಗೂ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ನಿಯಮವಿದೆ. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಸೂರ್ಯನ ಹೊರವಲಯಗಳ ಶಾಖದ ಮಟ್ಟ, ನಕ್ಷತ್ರಗಳ ಶಾಖದ ಮಟ್ಟ ಇವುಗಳನ್ನು ಅಂದಾಜುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ.

ಉಷ್ಣಮಾಪಕ(Thermometer)ವನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕಾದರೆ, ನಾವು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು ಪರಿಹರಿಸಬೇಕು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, ನಾವು ಅಳೆಯಬೇಕೆಂದಿರುವ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟದ ಅವಧಿಯನ್ನು ನೆನಪಿನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯುವಾಗುವಂತೆ ಶಾಖದ ಯಾವ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಸೂಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆಯೋ ಅವುಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಪಾದರಸದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಸಾಕು. ಹೆಚ್ಚಿನ ಮಟ್ಟದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಬೇಕಾಗುವುದು.

ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದು ಉಷ್ಣಮಟ್ಟದ ಮಾನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಒಂದು ಪದಾರ್ಥದ ಉದ್ದವು 10 ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್‌ಗಳೆಂದೂ, ತೂಕವು 5 ಗ್ರಾಂಗಳೆಂದೂ ಹೇಳುವಾಗ, ಸೆಂಟಿಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಂಗಳು, ಉದ್ದ ಮತ್ತು ತೂಕದ ಮಾನ(Unit)ಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೆ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವು 80 ಡಿಗ್ರಿಗಳು ಎಂದರೆ ಡಿಗ್ರಿ (Degree) ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣಮಟ್ಟದ ಮಾನ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಡಿಗ್ರಿ ಎಂಬ ಮಾನವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬೇಕಾದರೆ, ಎರಡು ನಿಯತಬಿಂದು(Fixed Points)ಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತೇವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅಧೋಬಿಂದು (Lower Fixed Point) ಶುದ್ಧ ಹಿಮವು ಕರಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ; ಉಚ್ಚಬಿಂದು

(Upper Fixed Point) ಶುದ್ಧವಾದ ನೀರು ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾಳಿ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ (Standard Atmospheric Pressure) ಕುದಿಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಬಿಂದುಗಳಿಗೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ 0° ಮತ್ತು 100° ಎಂಬ ಅಂಕೆಗಳನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅವುಗಳ ಅಂತರ (Interval) 100 ಡಿಗ್ರಿಗಳಷ್ಟು ಇರುವುದು. ಇದನ್ನೇ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಸ್ಕೇಲ್ (Centigrade Scale) ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ. ಈ ಅವಧಿಗಳ ಅಂತರವನ್ನು 100 ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಭಾಗವನ್ನೂ 1 ಡಿಗ್ರಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನೇ ನಾವು ಸರ್ವೇ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸುತ್ತೇವೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಚುನಾಯಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣವಿದೆ. ಯಾವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ, ಯಾರಿಂದಲಾಗಲಿ ಹಿಮವು ಕರಗುವ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನೂ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಾತಾವರಣದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಕಲ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಯಾವ ಮಾನವನ್ನು ನಾವು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೂ ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಸಂದರ್ಭಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲಿ ಬೇಕಾದರೂ ನಿರ್ಮಿಸಿ, ಅನುಕರಣೆಮಾಡುವ ಅವಕಾಶ ಇದ್ದೇ ಇರಬೇಕು. ಹಾಗಾದರೆ ತಾನೆ ಆ ಮಾನವು ಸರ್ವಸಮ್ಮತವಾಗಿ ಮಾನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನವು ಉಪಯೋಗವಾಗಿದ್ದರೂ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ತತ್ತ್ವದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ನಿರುಪಾಧಿಕ (Absolute) ಮಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಈ ವಿಧದ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಯಾವುದೊಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ತಿಳಿದು, ಅವುಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ನಿರುಪಾಧಿಕ ಮಾನವೆಂದೂ, ಇದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯಬಿಂದು? (Absolute Zero)ವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುವುದೂ ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕೆಲ್ವಿನ್ ಸ್ಕೇಲ್ (Kelvin Scale) ಎಂದೂ, ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶಾಖಚಲನ ಸ್ಕೇಲ್ (Absolute Thermodynamic Scale) ಎಂದೂ ಕರೆಯುವುದುಂಟು. ಈ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಹಿಮ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು 273°.2K ಎಂದೂ

ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು 373°.2 K ಎಂದೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಮಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿದಮೇಲೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ಒಂದು ಸಮಾನ (Uniform) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಹೊಂದುವ ವಸ್ತುವಿನ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಮೊದಲು ಚುನಾಯಿಸಬೇಕು. ಇದು ಅನಿಲಗಳ ಗಾತ್ರ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆಯೊ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ(Electrical Resistance) ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿಯೊ ಇದೆ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

0°c ಮತ್ತು 100°c ಉಷ್ಣಗಳ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣ (Properties)ಗಳ ಬೆಲೆಗಳು x_0 ಮತ್ತು x_{100} ಆಗಿರಬಹುದು. ನಾವು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗಿರುವ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವು t°c ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣದ ಬೆಲೆಯು x^t ಆಗಿರಲಿ-ಆಗ

$$\frac{t}{100} = \frac{x_t - x_0}{x_{100} - x_0}$$

ಎಂಬ ನಿಯಮದಿಂದ ನಾವು 't'ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣದ ಮಾನವೂ ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಬೇಕಾಗುವ ತತ್ತ್ವಗಳ ವಿಷಯ ವನ್ನೂ ಮಾನದ ವಿಚಾರವನ್ನೂ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಲಾಯಿತು. ಇವು ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಉಷ್ಣಮಾಪಕ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಹೇಗೆ ತಯಾರಿಸಿವೆ ಎಂಬ ವಿಚಾರವನ್ನು ಈಗ ವಿಶದವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ.

ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ—ಪಾದರಸ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ
(Mercury-in-Glass)

ಹೆಸರಿನಲ್ಲಿಯೇ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಗಾಜು, ಎರಡನೆಯದು ಪಾದರಸ ದ್ರವ. ಎಲ್ಲರಿಗೂ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ, ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋ ಗಿಸುವ ಈ ಸಾಧನ (Instrument) ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆ

(Tube)ಯೋಪಾದಿಯಲ್ಲಿದೆ. ಈ ನಾಳಿಕೆಯ ಒಂದು ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಬುರುಡೆ (Bulb) ಇದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಿದೆ (Sealed). ಇವುಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಕಾಂಡ (Stem) ಇದೆ. ಈ ಕಾಂಡದ ಉದ್ದುದ್ದ ಬಹುಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಮಾನಾಂತರದ ಭಾಗಗಳು ಅಂಕಿತವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಡಿಗ್ರಿಗಳನ್ನಾಗಿಯೂ, ಒಂದೊಂದು ಡಿಗ್ರಿ ಭಾಗವನ್ನು ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿಯೂ ಸೂಚಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಲ್ಬಿನಲ್ಲಿಯೂ ಕಾಂಡದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಸಣ್ಣ ಎಳೆಯಂತಿರುವ ಪಾದರಸವಿರುವುದನ್ನು ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಕಾಂಡದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶವಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ ೧
ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ
(Thermometer)

ಈ ವಿಧವಾದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಿಂದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಆವರಣ(Enclosure)ದ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಬಹಳ ಸುಲಭದ ಕೆಲಸ. ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ನೆಟ್ಟಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸಿ, ಅದರ ಬಲ್ಬ್ ಭಾಗವೂ, ಕಾಂಡದ ಸ್ವಲ್ಪಭಾಗವೂ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಒಳಗಿರುವ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಏರಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಭಾಗವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ನಮ್ಮ ಕಣ್ಣನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಪಾದರಸದ ಕೊನೆಗೆ ಸಮಾನವಾಗುವ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಓದಿದರೆ, ಅದೇ ನಮಗೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವನ್ನು (Temperature) ಸೂಚಿಸುವ ಅಂಕ. ಇದನ್ನೇ ನಾವು 37.°6 C, 75°.3 C ಎಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಆವರಣದಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದ ತತ್‍ಕ್ಷಣವೇ, ನಾವು ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಪಾದರಸದ ತುದಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ

ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಗಾಳಿ ಶಾಖದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ ತತ್ತ್ವವಾದರೂ ಅತಿ ಸರಳವಾದುದು. ನಾವು ಉಷ್ಣಮಾಪಕ ಬಲ್ಬನ್ನು ಒಂದು ಶಾಖದ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಕೂಡಲೇ ಬಲ್ಬಿನ ಗಾತ್ರವು ವಿಕಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೊಂದೇ ವಿಕಾಸದ ಫಲವಾಗಿ, ಕಾಂಡದಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಇಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬಿನ ವಿಕಾಸದ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ, ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ಗಾತ್ರವೂ (Volume) ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸದ ಘನ ವಿಕಾಸವು (Increase of Volume) ಗಾಜಿನ ವಿಕಾಸಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇವೆರಡೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ, ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಹಿಂದಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ, ಉಷ್ಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೂ ಪಾದರಸದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸರಳ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಕಾಂಡದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಅಳತೆಯುಳ್ಳ ರಂಧ್ರದ್ದಾಗಿದ್ದರೆ (Uniform Bore), ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವು ಒಂದೊಂದು ಡಿಗ್ರಿಯಷ್ಟು ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯೂ ಕೂಡ ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಅಂತರದಷ್ಟು ಉದ್ದ ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಏರುವುದು. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ x ಎಂಬ ಗುಣಕ್ಕೆ 0°c ನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಪಾದರಸದ ತುದಿಯವರೆವಿಗೆ ಇರುವ ಉದ್ದ l ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$t = 100 \quad \frac{l_t - l_0}{l_{100} - l_0} \circ C$$

ಎಂದಾಗುವುದು. ಇಲ್ಲಿ l_0, l_{100}, l_t ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು 0°c, 100°c, t°c ಎಂಬ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಪ್ರಮಾಣಗಳು.

ಈ ಅತಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು, ಇದರ ಕೆಲವು ಉಪಯುಕ್ತ ಗುಣಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಪಾದರಸವನ್ನು ಚುನಾಯಿಸಲು ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಕಾರಣಗಳಿವೆ. ಇದು ಕಣ್ಣಿಗೆ ಸ್ಪಷ್ಟವಾಗಿ

ಗೋಚರವಾಗುವ ವಸ್ತು. ಇದರ ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟದ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುವ (Freezing) ಬಿಂದುವು— 39°c ಆಗಿರುವುದರಿಂದಲೂ, ಕುದಿಯುವ (Boiling Point) ಬಿಂದುವು 357°c ಇರುವುದರಿಂದಲೂ, ಈ ಅವಧಿಯು ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಳಸುವ ಉಷ್ಣಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಪಾದರಸವನ್ನು ಬಹಳ ಶುದ್ಧಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಹೊಂದಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ಹಬೆಯ ಒತ್ತಡ ಬಹಳ ಅಲ್ಪವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದರ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವು ಅತಿ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣವಹನ ಶಕ್ತಿಯೂ (Conductivity) ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುವ ಗಾಜೂ ಕೂಡ ಸೂಕ್ತವಾದ ರಚನೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಫ್ರೆಂಚ್ ವೆರ್‌ಡೂರ್ (Verreduer) ಜೀನ 16‴ ಅಥವಾ ಜೀನ 59‴ ಎಂಬುದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ(Sensitiveness)ಯು ಹೇಗೆ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಗಾಜು ಮತ್ತು ಪಾದರಸ ಇವುಗಳ ಗುಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆಯೋ, ಹಾಗೆಯೇ ಅವುಗಳ ನ್ಯೂನತೆಗಳಿಗೂ ಒಳಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದೋಷಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗಾಗಿ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಒಳ ಅಳತೆಯುಳ್ಳ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು (Capillary Tube) ಮೊದಲು ಚುನಾಯಿಸಿಕೊಂಡು, ಒಂದು ಕಡೆ R ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಆಸರೆ(Reservoir)ಯನ್ನು ಊದಬೇಕು. ಅದರ ಮೇಲೆ F ಎಂಬ ಒಂದು ಫನಲ್ ಇರುವಂತೆಯೇ, ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ B ಎಂಬ ಸೂಕ್ತ ಗಾತ್ರದ ಬಲ್ಬ್ ಭಾಗವೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಸರಿಯಾದ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ಅದರ ಒಳವ್ಯಾಸವು ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿದೆಯೋ ಎಂಬುದನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಲು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಸುಮಾರು 2cm ಉದ್ದದ ಪಾದರಸದ ನೂಲನ್ನು

ಅದರೊಳಗೆ ಸೇರಿಸಿ, ನಾಳಿಕೆಯ ವಿವಿಧ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಅದರ ಉದ್ದವು

ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ರಚನೆ



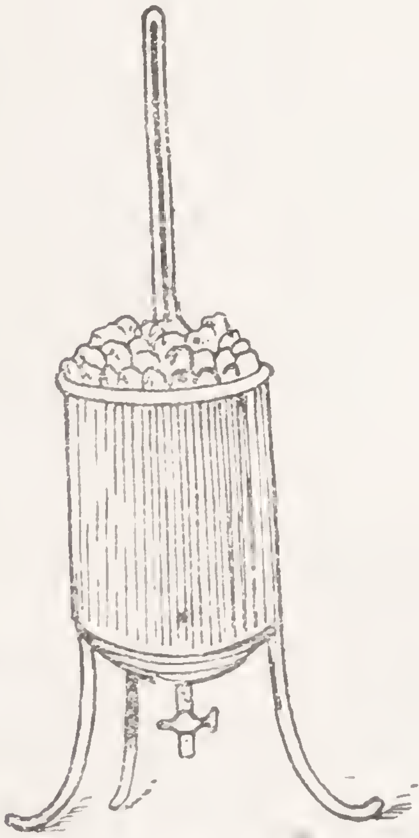
ಚಿತ್ರ 2

ಸ್ವಲ್ಪವೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸಹೊಂದದೆ ಇದ್ದರೆ, ಅಂಥ ನಾಳಿಕೆಯು ಉಪಯೋಗಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಚುನಾಯಿಸಿದ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಕುದಿಯುವ ನೈಟ್ರಿಕ್ ಆಮ್ಲದಿಂದ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತೊಳೆದು, ಶುದ್ಧ ನೀರಿನಿಂದ ಎಲ್ಲ ಕಲ್ಮಷಗಳೂ ಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಚೆನ್ನಾಗಿ ಒಣಗಿಸಬೇಕು. ಇದಾದಮೇಲೆ ಫನಲ್ F ಒಳಗೆ, ವಾಯುರಹಿತವಾಗಿಯೂ ಜಲರಹಿತವಾಗಿಯೂ ಇರುವ ಶುದ್ಧ ಪಾದರಸವನ್ನು ಸುರಿಯಬೇಕು. ನಾಳಿಕೆಯ ರಂಧ್ರವು ಬಹಳ ಸಣ್ಣದಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಪಾದರಸವು ತಾನಾಗಿಯೇ ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗೆ ಇಳಿಯುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಬಲ್ಬಿನ ಹೊರಭಾಗವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಶಾಖಮಾಡಿದಾಗ ಒಳಗಿನ ಗಾಳಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊರಗೆ ತಳ್ಳಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲ ಶಾಖವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, ಒಳಗಿನ ಗಾಳಿಯು ತಣ್ಣಗಾಗಿ ಅದರ ಒತ್ತಡ ಕಡಮೆಯಾಗಿ ಬಲ್ಬಿನ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಪಾದರಸ ತುಂಬುತ್ತದೆ. ಬಳಿಕ ಬಲ್ಬಿನಲ್ಲಿ ತುಂಬಿರುವ ಪಾದರಸವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕುದಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಶಾಖವನ್ನುಂಟುಮಾಡುವ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಯಂತ್ರದ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಬಲ್ಬ್, ಕಾಂಡ ಮತ್ತು ಒಳಗಿರುವ ಪಾದರಸ ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಪಾದರಸದ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿನವರೆವಿಗೆ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಕಾಯಿಸಬೇಕು. ಇದರಿಂದ ಒಳಗಿರುವ ಗಾಳಿಯೆಲ್ಲವೂ ಹೊರಗೆ ಹೊರಟುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಕಾಯಿಸುವುದನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಿದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲವಾದಮೇಲೆ, ಪಾದರಸದ ಹಬೆಯು ದ್ರವರೂಪ ಹೊಂದಿ ಬಲ್ಬ್ ಮತ್ತು ಕಾಂಡಭಾಗವೆಲ್ಲವೂ ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪಾದರಸದಲ್ಲಿ ತುಂಬಲಾಗುತ್ತದೆ.

ತರುವಾಯ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಯಾವ ಉಚ್ಚಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬೇಕೆಂದಿದೆಯೋ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಡೀ ನಾಳಿಕೆಯೂ

ಅದರಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸವೂ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಅನಂತರ Rಗೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮೇಲೆ ಇರುವ ನಾಳಿಕೆಯ ತುದಿಯನ್ನು ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಬೇಕು (Sealed). ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಾದಮೇಲೆ, ಒಳಗಿನ ಪಾದರಸವು ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಅದರಮೇಲೆ ಶೂನ್ಯ (Vacuum)ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕಕ್ಕೂ ಅದರ ಉಚ್ಚ, ಕನಿಷ್ಠ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಬಲ್ಬಿನ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಕಾಂಡದ ಉದ್ದವನ್ನೂ ನಿರ್ಧರಿಸಿಕೊಂಡಿರಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದು ಸೂಚಿಸಬೇಕೆಂದಿರುವ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ, ಬಲ್ಬಿನ ಪೂರ್ತಿ ಪಾದರಸವು ತುಂಬಿ, ಅದಕ್ಕೆ ಮೇಲೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಕಾಂಡದ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸವನ್ನು ತುಂಬಿದಮೇಲೆ, ಮುಂದಿನ ಕೆಲಸವೇನೆಂದರೆ, ಕಾಂಡದ ಮೇಲೆ ಎರಡು ನಿಯತ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು (Fixed Points) ಗುರ್ತಿಸಿ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಸಮಾನಾಂತರದ ಡಿಗ್ರಿ, ಭಾಗ, ವಿಭಾಗಗಳನ್ನು ಕೆತ್ತುವುದು.

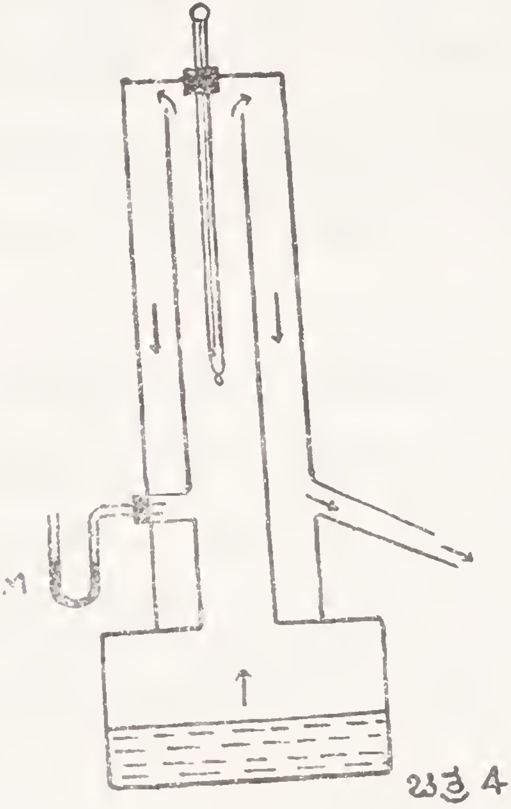


ಚಿತ್ರ 3

ಕೆಳಗಿನ ಹಿಮಬಿಂದುವನ್ನು (Ice Point) ಗುರ್ತಿಸಲು, ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಶುದ್ಧ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಿಂದ ತುಂಬಿದ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ನೆಟ್ಟಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸಬೇಕು. ಬಲ್ಬು ಮತ್ತು ಅದರಮೇಲೆ ಕಾಂಡದ ಸ್ವಲ್ಪಭಾಗವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕರಗುತ್ತಿರುವ ಹಿಮದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರಬೇಕು. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಶುದ್ಧವಾಗಿಯೂ ಲವಣರಹಿತವಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲ ಕಳೆದರೆ, ಕಾಂಡದಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಬಂದು, ಅಚಲ

ವಾಗಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಬಹಳ ಜಾಗರೂಕತೆಯಿಂದ ಸಣ್ಣ ಗುರುತಿನಿಂದ ಸೂಚಿಸಬೇಕು.

ಮೇಲಿನ ಆವಿಯ ಬಿಂದುವನ್ನು (Steam Point) ಗುರ್ತಿಸಲು, ಹಿಪ್ಸಾಮಿಟರ್ (Hypsometer) ಎಂಬ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಇದು ಚಿತ್ರ 4-ರಿಂದ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಬಲ್ಬ್ ಭಾಗವೂ, ಕಾಂಡದ ಬಹು ಭಾಗವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನೀರಿನ ಆವಿಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರಬೇಕು. ಈ ನೀರಿನ ಆವಿಯು ತುಂಬಿರುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿರುವ M ಎಂಬ ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕ (Manometer) ವು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕೆಲವು ಕಾಲ ಕಳೆದರೆ, ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಕಾಂಡದೊಳಗೆ ಏರಿ, ನಾಳಿಕೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಸ್ಥಿರವಾಗಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕಣ್ಣಿನಿಂದಾಗಲಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕಯಂತ್ರ(Microscope)ದಿಂದಾಗಲಿ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಆ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮಗುರ್ತನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 4

ಹಿಮಬಿಂದುವನ್ನು 0°c ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸಿದರೆ ಮೇಲಿನ ಆವಿಯ ಬಿಂದುವನ್ನು ವಾತಾವರಣದ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು. ಪ್ರಯೋಗದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವು 750 ಮಿ. ಮಿೂ. ಇದ್ದರೆ, ಈ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಉಷ್ಣದ ಮಟ್ಟವು 99°.6 c ಇರುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ಗುರ್ತಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆಯು 99°.6 c ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಹಿಮಬಿಂದುವು l_0 ಎಂದು ಆವಿಯ ಬಿಂದುವು $l_{99 \cdot 6}$ ಎಂದು

ಗುರ್ತಿಸಿದರೆ, 100°cಗೆ ಸಮನಾದ ಗುರ್ತು l_{100} ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\frac{l_{100}-l_0}{l_{99\cdot6}-l_0} = \frac{100}{99\cdot6}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ l_{100}ಗೆ ಸಮನಾಗುವ ಗುರ್ತನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

ಉದಾಹರಣೆ : $l_{99\cdot6}-l_0 = 19\cdot92$ cm. ಇದ್ದರೆ,
$l_{100}-l_0 = 20\cdot00$ cm. ಆಗುತ್ತದೆ.

ನಂತರ l_{100} ಗೂ l_0 ಗೂ ನಡುವೆ, ನೂರು ಸಮಾನಾಂತರ ಭಾಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಒಂದೊಂದು ಭಾಗವು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯ ಅಂತರವಿರುತ್ತದೆ. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ 100°cಗೆ 20·00 cm. ಉದ್ದವಾದರೆ, ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿಯ ಅಂತರವು $\frac{1}{5}$ cm. ಅಥವಾ 2 ಮಿ. ಮೀ. ಇರುತ್ತದೆ.

ಹಿಮಬಿಂದುವನ್ನೂ ಆವಿಯ ಬಿಂದುವನ್ನೂ ಗುರ್ತಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಭಾಗಗಳು ನಾವು ಯಾವ ಮಾನವನ್ನು ಇಡುತ್ತೇವೆಯೋ ಅದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಮೂರು ಮಾನಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಎರಡು ಮಾನಗಳು ವಿಶೇಷವಾಗಿ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುವುವು. ಇವುಗಳಿಗೆ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ (C), ಫಾರ್ಹೀಟ್ (F) ಮತ್ತು ರೂಮರ್ (Reaumur) (R) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇವುಗಳಿಗಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು:

ಮಾನ	ಹಿಮಬಿಂದು ಸಂಖ್ಯೆ	ಆವಿಬಿಂದು ಸಂಖ್ಯೆ	ಅಂತರ
ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್	0°C	100°C	100 ಡಿಗ್ರಿಗಳು
ಫಾರ್ಹೀಟ್	32°F	212°F	180 ,,
ರೂಮರ್	0°R	80°R	80 ,,

ಈಗ ಒಂದು ದತ್ತ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಮಟ್ಟವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲು ಮೂರು ಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ C, F ಮತ್ತು R ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಿದ್ದರೆ,

$$\frac{C-0}{100} = \frac{F-32}{180} = \frac{R}{80}$$

ಅಥವಾ,

$$C = \frac{(F-32)\,5}{9}$$

$$F = \frac{9\,C}{5} + 32$$

ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಉದಾಹರಣೆಗಳಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.

(i) ಮನುಷ್ಯನ ದೇಹದ ಉಷ್ಣವು ಫಾರ್ಹೀಟ್ ಮಾನದಲ್ಲಿ 98°.4 ಇದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು C ಮಾನಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ.

$$C = \tfrac{5}{9}(98{\cdot}4 - 32) = \tfrac{5}{9} \times 66.4$$
$$= 35^\circ.8$$

(ii) ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವು—273°·2 C ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು F ಮಾನದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿ.

$$F = \tfrac{9}{5} \times -273{\cdot}2 + 32$$
$$= -459^\circ{\cdot}8$$

ಪಾದರಸ–ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ನ್ಯೂನತೆಗಳು

ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಗಾಜಿನ ರಚನೆ ಮತ್ತು ಪಾದರಸದ ಗುಣಗಳು, ಇವುಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗಬಹುದಾದ ಕೆಲವು ಲೋಪ ದೋಷಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸುವ ಅಂಕಗಳಿಗೆ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ನಿಜವಾದ ಅಂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದ ಕೆಲವು ಲೋಪಗಳನ್ನು ಈಗ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

(1) ಕಾಂಡದ ಒಳಭಾಗದ ವ್ಯಾಸವು ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಪ್ರಮಾಣ ವನ್ನು ಹೊಂದದೆ ಇರುವುದು. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ಹಿಂದೆಯೇ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸ ಲಾಗಿದೆ. ಪಾದರಸದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಎಳೆಯನ್ನು ಬೇರ್ಪಡಿಸಿ, ಕಾಂಡದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಅದರ ಉದ್ದವನ್ನು (ಡಿಗ್ರಿ ವಿಭಾಗಗಳ ಮೂಲಕ) ತಿಳಿದು, ಅದರ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡ ಬೇಕು.

(2) **ಉಚ್ಚ ಮತ್ತು ಅಧೋನಿಯತ ಬಿಂದುಗಳ ಸ್ಥಾನ:** ಇವುಗಳನ್ನು ಗುರ್ತುಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿ ತಪ್ಪು ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಇವುಗಳಿಗೆ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕು. ಉದಾಹರಣೆ: ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಬಲ್ಬ್ ಭಾಗವು ಶುದ್ಧ ಹಿಮದಿಂದ ಆವೃತವಾದಾಗ, ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು—0°.2c ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಇದಕ್ಕಾಗಿ +0°.2c ತಿದ್ದುಪಡಿಮಾಡಬೇಕು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಆವಿಯ ಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನಭೇದಕ್ಕಾಗಿ ಬೇಕಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

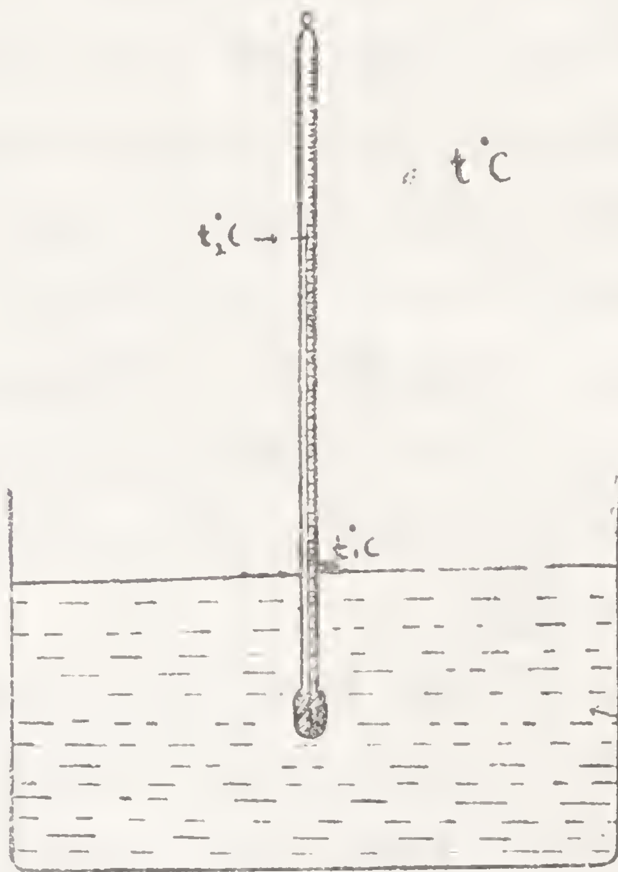
(3) **ಶೂನ್ಯಬಿಂದು(Zero)ವಿನ ಬದಲಾವಣೆ:** ಉಷ್ಣಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಗಾಜಿನ ಹಿಂದಿನ ಚರಿತ್ರೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ದೋಷವಿದು. ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡುವಾಗ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಅತಿಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಕ್ಕೂ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಕ್ಕೂ ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಜು ಇಷ್ಟು ತ್ವರಿತವಾಗಿ ನಡೆಯುವ ಶಾಖ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ತತ್‌ಕ್ಷಣದಲ್ಲಿಯೇ ಗಾತ್ರ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಸಿಕೊಳ್ಳಲು ಶಕ್ತಿ ಹೊಂದಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ಗಾಜು ಬಹಳ ನಿಧಾನವಾಗಿ, ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಹಲವು ವರ್ಷಗಳಾದಮೇಲೆ, ತನ್ನ ಪೂರ್ವ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ನಾವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಗಾಜಿನ ಗಾತ್ರವು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ, ಗುರ್ತಿಸಿರುವ ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವಿನ ಸ್ಥಾನವು ಏರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ Secular rise of Zero ಎಂದು ಹೆಸರು. ಮತ್ತೊಂದು ವ್ಯತ್ಯಸ್ಥ ಕಾರಣದಿಂದ, ಮೊದಲು ಉಚ್ಚ ನಿಯತ ಬಿಂದುವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿ, ನಂತರ ಹಿಮಬಿಂದುವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿದಲ್ಲಿ, ಶೂನ್ಯಬಿಂದುವು ತಗ್ಗುವ (Depression of Zero) ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ.

(4) **ಒಳಒತ್ತಡ:** ಒಂದು ಆವರಣದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಅಳೆಯುವಾಗ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಬಲ್ಬನ್ನು ಆವರಣದೊಳಗಿಟ್ಟು ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ನೆಟ್ಟಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸುತ್ತೇವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಕಾಂಡದೊಳಗೆ ಪಾದರಸವು ಮೇಲಿನವರೆವಿಗೂ, ಅಂದರೆ ಸುಮಾರು 20–25 cms ಉದ್ದ ಏರುತ್ತದೆ. ಈ ಪಾದರಸದ ಭಾರದ ಒತ್ತುವಿಕೆ

ಯಿಂದ, ಒಳಗಿನ ಭಾಗವು ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಕಾಸಹೊಂದಿ, ಅದೇ ಕಾರಣದಿಂದ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ನಿಜ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ನಾವು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಅದೇ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ನೆಟ್ಟಗೆ ನಿಲ್ಲಿಸದೆ, ಅಡ್ಡಲಾಗಿ ಇಟ್ಟು ಓದಿದರೆ, ಮೇಲಿನ ತಿದ್ದುಪಡಿಯ ಆವಶ್ಯಕತೆಯಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಬಾಹ್ಯ ಒತ್ತಡ : ಒಂದು ದ್ರವದ ಉಷ್ಣವನ್ನು ಅಳೆಯುವಾಗ ನಾವು ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಬಲ್ಬನ್ನು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ದ್ರವದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ಬಲ್ಬು ದ್ರವದ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ (Hydrostatic Pressure) ಒಳಗಾಗಿ, ಬಲ್ಬು ಸ್ವಲ್ಪ ಸಂಕೋಚಹೊಂದಿ, ಕಾಂಡದೊಳಗಿನ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಏರುತ್ತದೆ.

5 ಅನಾವೃತಸ್ತಂಭಕ್ಕಾಗಿ ತಿದ್ದುಪಡಿ (Emergent column error): ಒಂದು ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಳೆಯುವಾಗ ನಾವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಬಲ್ಬನ್ನೂ ಕಾಂಡದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವನ್ನೂ ಮಾತ್ರ ಆವರಣದೊಳಗೆ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಿರುವ ಗಾಜು ಮತ್ತು ಒಳಗಿರುವ ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭವೂ ಕೂಡ ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುತ್ತೆ. ನಿಜವಾಗಿ ನೋಡಿದರೆ ಎಲ್ಲಿಯವರೆವಿಗೂ ಪಾದರಸ ಏರುತ್ತದೆಯೋ ಆ ಮಟ್ಟದವರೆವಿಗೆ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಆವರಣದೊಳಗೆ ಇರಬೇಕು. ಹೀಗೆ



ಚಿತ್ರ 5
ಅನಾವೃತಸ್ತಂಭದ (Emergent Column) ತಿದ್ದುಪಡಿ.

ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸಿರುವ ಅಂಕಿಯು ವಾತಾವರಣದ ನಿಜಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಆವರಣದ (Bath or enclosure) ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಮೆ ಇದ್ದಲ್ಲಿ, ಸೂಚಿತ ಅಂಕವು ನಿಜ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮಾಡಬೇಕಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ ಈ ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿಶದವಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಲ್ಬ್ ಮತ್ತು ಕಾಂಡದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಆವರಣದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಆಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆ—t_1°c. ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ಪಾದರಸದ ಮೇಲಿನ ತುದಿಯು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆ—t_2°c. ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ—t°c. ಪಾದರಸದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಿಕಾಸ ಸಂಖ್ಯೆ (Apparent coefficient of expansion of mercury)=m ಆವರಣದ ನಿಜ ಉಷ್ಣಾಂಶವು T°c ಇದ್ದರೆ, ತಿದ್ದುಪಡಿಯ ಬೆಲೆ$=(T-t_2)=x$°c

$$x^\circ = m(t_2-t_1)(t_2-t)$$

ಈಗ, $t_1=10$°c, $t_2=70$°c, $t=30$°c | m = .00016 ಇದ್ದರೆ,

$$x = \cdot 00016 \times 60 \times 40$$
$$= .384^\circ c$$

ಅಂದರೆ, ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು 70°c ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ನಿಜ ಉಷ್ಣಾಂಶ $70+\cdot 384=70.334$°c ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದುವರೆವಿಗೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಲೋಪದೋಷಗಳು ಯಾವ ಕಾರಣದಿಂದ ಉದ್ಭವವಾಗುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅವುಗಳಿಗಾಗಿ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವುದು ಹೇಗೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿದಾಯಿತು.

ಯಾವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವಾಗಲಿ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟ ತತ್‌ಕ್ಷಣ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಸುವಂತಿರಬೇಕು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾದಂತೆಲ್ಲ ಅವುಗಳನ್ನು ವಿಳಂಬವಿಲ್ಲದೆ

ಸೂಚಿಸುವಂತಿರಬೇಕು. ಇದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಿಗೆ ಇರಬೇಕಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಗುಣ (Sensitiveness)ವಾದರೂ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅವು ತಾಮಸಗುಣ ವನ್ನು (Lag) ಪ್ರದರ್ಶಿಸುತ್ತವೆ. ಇದರಿಂದ ಶೀಘ್ರ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಅನು ಗುಣವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತಿರುವಾಗ. ಕಡಮೆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೂ, ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನೂ ತೋರಿಸು ತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಾಗಿಯೂ ಕೂಡ, ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಈ ತಾಮಸದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿ, ಅದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಬೇಕು.

ಪಾದರಸ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆ ಸುಮಾರು–30°c ರಿಂದ 300°c ವರೆವಿಗೆ ಇದೆ ಎನ್ನಬಹುದು. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಅದು ದ್ರವವಾಗಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅವಧಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಕಾಂಡದಲ್ಲಿ ರುವ ಪಾದರಸದಮೇಲಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಸಾರಜನಕ ಅಥವಾ ಇತರ ಜಡ ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಿದಲ್ಲಿ ಇಂಥ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಸುಮಾರು 500°C ವರೆವಿಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಗಾಜಿಗೆ ಬದಲು ಬೆಣಚುಶಿಲೆಯ (Quartz) ಆವರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಲ್ಲಿ ಇದೇ ಪಾದರಸ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು 800°C ವರೆವಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸ ಬಹುದೆಂದು ಕೋಲ್‌ರಾಷ್ (Kohlrausch) ತಿಳಿಸುತ್ತಾನೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಪಾದರಸಕ್ಕೆ ಬದಲು ಮದ್ಯಸಾರ(Alcohol)ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸು ವುದರಿಂದ—60°cರಿಂದ—130°cವರೆವಿಗೂ, ಪೆಂಟೇನ್ ದ್ರವ (Liquid pentane)ವನ್ನು ಇಡುವುದರಿಂದ—200°c ವರೆವಿಗೂ ಕೆಳ ಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅವಧಿಯನ್ನು ಇಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಆದರೆ, ಇಂಥ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಪಾದರಸದ್ರವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸುವ (Calibration) ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇರುತ್ತದೆ.

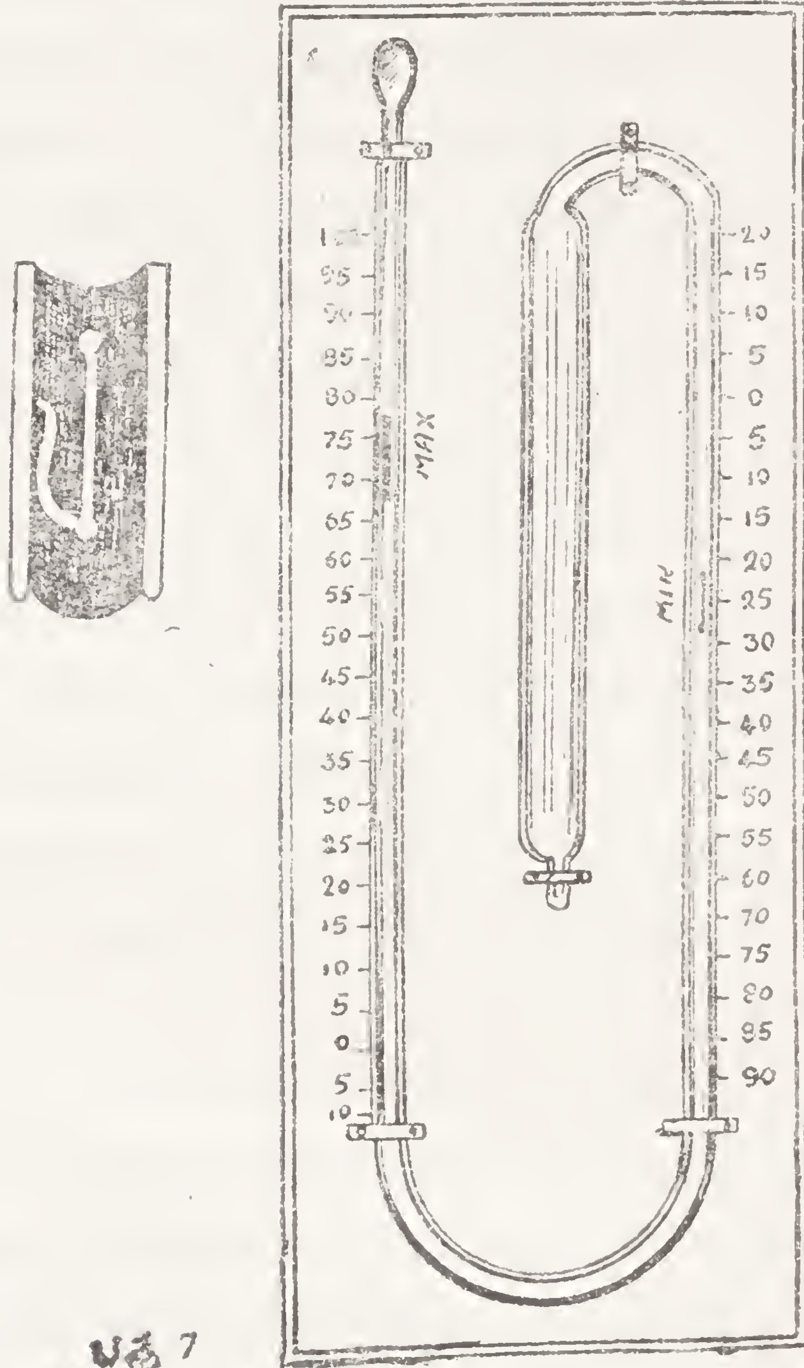
ಸಾಧಾರಣವಾದ ಪಾದರಸದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಕಾರ್ಯಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ವೈದ್ಯರು ಉಪ ಯೋಗಿಸುವ ಕ್ಲಿನಿಕಲ್ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (Clinical Thermometer)


ಚಿತ್ರ 6
ಕ್ಲಿನಿಕಲ್ ಥರ್ಮಾಮೀಟರ್

ಚಿತ್ರ 6ರಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ ಬಲ್ಬ್‌ಗೂ ಕಾಂಡಕ್ಕೂ ಸಂಧಿಸುವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವು ಏರ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ—ಬಲ್ಬ್ ಭಾಗವನ್ನು ನಾಲಗೆಯಲ್ಲಿಯೋ, ತೋಳಿನ ಗುಳಿಯಲ್ಲಿಯೋ ಇಟ್ಟಾಗ, ವಿಕಾಸಹೊಂದುವ ಪಾದರಸವು ಪ್ರತಿಬಂಧಕವನ್ನು ದಾಟಿ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಇದೇ ದೇಹದ ಶಾಖವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶ. ಹೀಗೆ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ನಂತರ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದರೆ, ಪಾದರಸದ ಸ್ತಂಭವು ಸಂಕುಚಿತವಾಗಿ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಇದನ್ನು ಮತ್ತೆ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಒದರಿದರೆ, ಪಾದರಸದ ಸ್ತಂಭವು ತಿರುಗಿ ಕೂಡಿಕೊಂಡು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ದೇಹದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 97.5°Fರಿಂದ 98.5°Fವರೆಗೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಒಳಗಿರುವ ಪಟ್ಟಿ(Scale)ಯಲ್ಲಿ 95°Fರಿಂದ 110°Fನವರೆವಿಗೆ ಗೆರೆಗಳಿರುತ್ತವೆ.

ಮೇಲಿನ ತತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಉಚ್ಚೋಷ್ಣಾಂಶಮಾಪಕ,ಕನಿಷ್ಠಾಂಶಮಾಪಕಗಳೆಂದು(Maximum and Minimum Thermometers) ಹೆಸರಿರುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಎಲ್ಲ ವೇಧಶಾಲೆ (Observatories)ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಟ್ಟಿರುತ್ತಾರೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 7ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಮಗೆ ವಾತಾವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಬದಲಾವಣೆಯು ತಿಳಿಯುತ್ತವೆ. 24 ಘಂಟೆಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣ, ಅತಿಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣ ಇವುಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಉಚ್ಚೋಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಸುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸವು ತುಂಬಿರುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸದ ತುದಿಗೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಂತೆ ಒಂದು ಸೂಚಿ (Index) ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಕನಿಷ್ಠಾಂಶವನ್ನು ಅಳೆಯುವ

ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಮದ್ಯಸಾರವನ್ನೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಸೂಜಿಯನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಆಧುನಿಕ ವೇಧಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಇಂತಹ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಸೂಚಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಸ್ವಯಂ ಲೇಖಕ



ಚಿತ್ರ 7
ಮ್ಯಾಕ್ಸಿಮಮ್ ಮತ್ತು ಮಿನಿಮಮ್ ಥರ್ಮಾಮೀಟರ್

ಯಂತ್ರಸಾಧನಗಳಿಂದಲೂ ಗುರ್ತುಮಾಡಿಸುವ ಸಲಕರಣೆಗಳಿವೆ. ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿದು ವಾಯುಗುಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಇವು ಬಹಳ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿವೆ.

ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು (Gas Thermometers): ದ್ರವಗಳ

ವಿಕಾಸದ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ ಅನಿಲಗಳ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡೋಣ. ಇವುಗಳು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಶೇಷ ಗುಣಗಳನ್ನು (Advantages) ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

(i) ದ್ರವಗಳ ವಿಕಾಸಕ್ಕಿಂತ ಸುಮಾರು 20ರಷ್ಟು ವಿಕಾಸವನ್ನು (ಒಂದು ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ) ಅನಿಲಗಳು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. (ii) ಅನಿಲಗಳ ವಿಕಾಸವು ದ್ರವಗಳಿಗಿಂತ ಒಂದೇ ರೀತಿಯಾದ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವ (Uniform) ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಡಿಗ್ರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೂ ಆಗುವ ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸದ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. (iii) ಅನಿಲಗಳ ಅತ್ಯಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿಕಾಸಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಅವುಗಳು ಅಡಗಿರುವ ಆಧಾರ ಪಾತ್ರೆಗಳ ವಿಕಾಸಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಳ್ಳುವ ಆವಶ್ಯಕತೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ದ್ರವಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅವುಗಳ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಮತ್ತು ನಿಜವಿಕಾಸಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ಎಂದು ಹೇಳಲಾಗದು. (iv) ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಶುದ್ಧರೂಪದಲ್ಲಿ ತಯಾರುಮಾಡುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿಂದಲೂ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ವಿಶೇಷಕಾರಣಗಳಿಂದಲೂ, ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು, ಸೂಕ್ಷ್ಮಮಾನದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಿಗೂ ಆದರ್ಶಗಳನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧಗಳಿವೆ : (a) ನಿಯತ ಗಾತ್ರ ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (Constant volume gas thermometer) — ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಜಡಮಾನವುಳ್ಳ ಅನಿಲ (ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಜಲಜನಕ)ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಗಾತ್ರ (ಘನ ಪ್ರಮಾಣ-Volume)ವು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ, ಅಂದರೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದದಂತೆ, ಇಟ್ಟು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದಂತೆಲ್ಲಾ

ಅವರ ಒತ್ತಡಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ, ಒಂದು ಸರಳ ನಿಯಮವಿದೆ. ಈ ನಿಯಮದಿಂದ ನಾವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೂಲ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಾದ ಹಿಮಬಿಂದು (0°c) ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಬಿಂದು (100°c)ಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡಗಳು p_0, p_{100}ಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, $p_{100}=p_0(1+a.100)$

ಇಲ್ಲಿ α ಎಂಬುದು ಅನಿಲದ ವಿಕಾಸಸೂಚಕಸಂಖ್ಯೆ (Coefficient of increase of pressure)ಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನಿಲಗಳಿಗೆಲ್ಲ

$\alpha = \frac{1}{273}$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು t°cನಲ್ಲಿ p ಆಗಿದ್ದರೆ, $p=p_0(1+\alpha t)$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ,

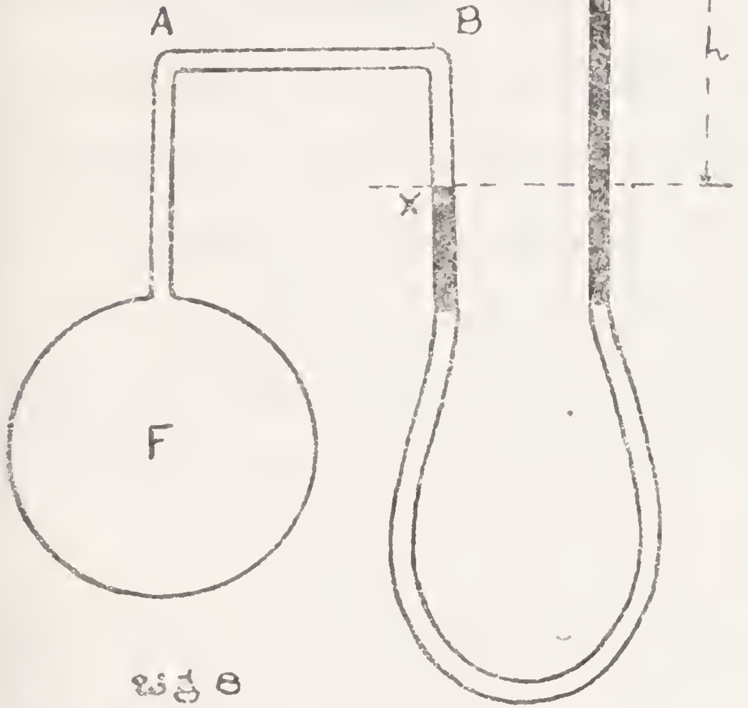
$$\alpha = \frac{p_{100}-p_0}{100\,p_0}$$

$$t = \frac{p-p_0}{p_0\alpha} = \frac{(p-p_0)100p_0}{p_0(p_{100}-p_0)}$$

$$=100\,\frac{(p-p_0)}{(p_{100}-p_0)}\,^\circ c$$

ನಾವು ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ p_0, p_{100} ಮತ್ತು pಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆದರೆ, t ಎಂಬುದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವ ಜಾಲಿಯ ಉಪಕರಣವನ್ನು (Jolly's constant volume air thermometer) ಚಿತ್ರ 8ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ ೮

F ಎಂಬುದು ಸುಮಾರು 100 cc. ಅನಿಲವನ್ನು ಕೊಳ್ಳುವ ಗಾಜಿನ ಫ್ಲಾಸ್ಕ್ (Flask). ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಒಂದು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಒಳ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ (Capillary) ನಾಳಿಕೆ—(A B)ಗೆ ಜಂಟಿ ಮಾಡಿದೆ. ಇದನ್ನು ರಬ್ಬರ್ ಟ್ಯೂಬಿನ ಮೂಲಕ ಇನ್ನೊಂದು ನಾಳಿಕೆಗೆ ಸೇರಿಸಿರುತ್ತದೆ. xy ಎಂಬುದರ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಲೇ ನಾವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಾಳಿಕೆಯ ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿ x ಎಂಬ ಕಡೆ ಒಂದು ಗುರ್ತನ್ನು ಮಾಡಿ, ನಾವು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು x ಗುರುತಿಗೆ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ Fನಲ್ಲಿಯೂ, ಅದಕ್ಕೆ ಸೇರಿಕೊಂಡಂತೆ ಇರುವ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಅಡಗಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಗಾತ್ರ (Volume)ವು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು yಅಲ್ಲಿ ಹತ್ತಿರವಿದ್ದರೆ ಹೊರಭಾಗದ ಗಾಳಿಯು ಒತ್ತುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣವು H ಅಥವಾ ಬೆರಾಮಿಟರ್ ಉದ್ದ (Barometric Height) ಇರುತ್ತದೆ. ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಸ್ಕೇಲಿನಿಂದ x ಮತ್ತು y ಮಟ್ಟಗಳನ್ನು ಅಳೆದರೆ, ಇವುಗಳ ಅಂತರವು h ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

xನಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು $(H+h)$ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನೇ ನಾವು p ಎಂದು ಕರೆಯುವುದು. ಈಗ ನಾವು ಮೊದಲು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ F ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಪೂರ್ತ ಶುದ್ಧ ಹಿಮ ಮತ್ತು ಶೋಧಿಸಿದ ನೀರನ್ನು

ಒಳಗೊಂಡ ಹೊರ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಿನನಂತರ ನಾವು ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು xಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದಕ್ಕೂ ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರ ವನ್ನು ಅಳೆದು h_0 ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಒಳಗಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡ $p_0 = H + h_0$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಇದಾದನಂತರ ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ಹಿಮದ ಆವರಣವನ್ನು ತೆಗೆದು ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ, ಎಡ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು xಗಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಯು ತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ನಾವು ರಬ್ಬರ್ ಟ್ಯೂಬನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಮಾಡಿ, ಮತ್ತೆ x ಗುರ್ತಿಗೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಆಗ, ಅದಕ್ಕೂ ಬಲ ಪಾರ್ಶ್ವ (Y)ದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಇರುವ ಉದ್ದ(Head)ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು. ಇದನ್ನು h_{100} ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ.

100°c ಆವಿಯ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $p_{100} = H + h_{100}$. ಈಗ ನಾವು ಒಂದು ದತ್ತ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾದಲ್ಲಿ F ಪಾತ್ರೆ ಯನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅದರಲ್ಲಿ ಆವೃತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ x ಗುರ್ತಿಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳ ಪಾದರಸಮಟ್ಟವನ್ನೂ ಅಳೆದು ಅವುಗಳ ಅಂತರ h ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕು. $p = H + h$. ದತ್ತ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು t ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$t = \frac{100(p - p_0)}{p_{100} - p_0}$$

$$t = \frac{100(h - h_0)}{(h_{100} - h_0)} \quad ^\circ c$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ t ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

(b) ಮತ್ತೊಂದು ಮಾದರಿಯ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ನಾವು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಒತ್ತಡ (p)ದ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೇ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿ (Constant pressure) ಅದರ

ಗಾತ್ರ (Volume)ಕ್ಕೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ನಿಯಮವನ್ನು ಉಪ ಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ.

0°c, 100°c ಮತ್ತು t°c ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು v_0, v_{100}, v ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$t = \frac{100(v-v_0)}{(v_{100}-v_0)} \text{ °c}$$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಅಳೆಯುವುದು v ಅಥವಾ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣ.

ಈ ವಿಧವಾದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧಕ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು
(Resistance Thermometers)

ವಸ್ತುವಿನ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ನಿರ್ಮಿಸಲಾಗಿರುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ ಮತ್ತೊಂದು ಲಕ್ಷಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಸಾಧನಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ ಶುದ್ಧಲೋಹಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ (Electrical Resistance)ವೂ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಅಧಿಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಿಶಾಲವಾದ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ, ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಏರುವಿಕೆಯ ದರವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸರಳ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿರುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಒಂದು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಕ್ಕೂ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು ಕ್ಯಾಲ್ಲೆಂಡರ್ ಎಂಬ ವೈಜ್ಞಾನಿಕನಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟು ಈ ರೀತಿ ಇದೆ.

$$R = R_0(1 + \alpha\theta + \beta\,\theta^2)$$

ಇಲ್ಲಿ R_0 ಮತ್ತು R ಎಂಬುವು $0°c$ ಮತ್ತು $\theta°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ವಿದ್ಯುತ್‌ನಿರೋಧದ ಬೆಲೆಗಳು. θ ಎಂಬುದು ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸೂಚಿಸುವ ಅಂಕ—α ಮತ್ತು β ಎಂಬುವು ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಸುರುಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ನಿಯತಾಂಕ (Constants)ಗಳು.

ನಾವು ಮೊದಲಿನಲ್ಲಿಯೇ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿರೂಪಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ X ಎಂಬ ಲಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವೆಂದು ಹೆಸರಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು R ಎಂದು ಕರೆದರೆ, R_0, R_{100}, ಮತ್ತು R ಎಂಬುವುಗಳು 0,100° ಮತ್ತು $t°c$ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಬೆಲೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಅದೇ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$$\frac{t_p}{100}=\frac{R-R_0}{R_{100}-R_0} \quad \text{ಅಥವಾ} \quad t_p=100\,\frac{R-R_0}{R_{100}-R_0}$$

ಇಲ್ಲಿ t_p ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Platinum Temperature) ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ $\theta°$ ಎಂಬ ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಸಂಖ್ಯೆ ಸ್ವಲ್ಪ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, θ ಮತ್ತು t_p ಗಳಿಗಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಒಂದು ಸಮೀಕರಣದ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿಯೂ, ಪ್ಲಾಟಿನಂಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿಯೂ 0°c ಮತ್ತು 100°c ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಇವು ಯಾವ ಮಾನದಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಮೂಲ ಬಿಂದುಗಳೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ನಾವು θ ಮತ್ತು t_p ಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ,

$$R_{100}=R_0(1+100\,\alpha+100^2\beta)$$

$$R=R_0(1+\theta.\alpha+\theta^2\beta)$$

$$\frac{R-R_0}{R_{100}-R_0}=\frac{\theta.a+\theta^2\beta}{100a+100^2\beta}$$

$$\therefore\ t_p=100\frac{\theta.a+\theta^2\beta}{100a+100^2\beta}$$

$$\therefore\ \theta-t_p=\theta-\frac{100(\theta\ a+\theta^2\beta)}{100a+100^2\beta.}$$

$$=\frac{100^2.\theta\cdot\beta-100.\theta^2\beta}{100a+100^2\beta}$$

ಅಥವಾ, $\theta-t_p=\dfrac{100.\theta.\beta-\theta^2\beta}{(\alpha+100\beta)}$

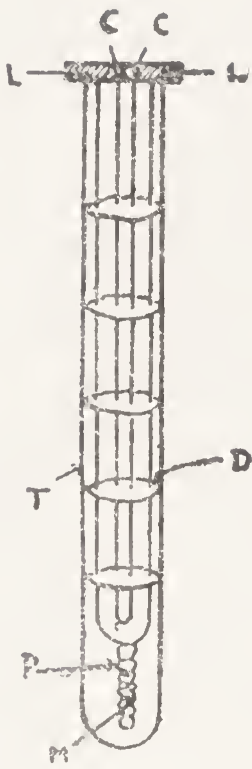
$$=-\frac{100^2\beta}{\alpha+100\beta}\left\{\left(\frac{\theta}{100}\right)^2-\frac{\theta}{100}\right.$$

$-\dfrac{100^2\beta}{\alpha+100\beta}=\delta$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\left(\theta-t_p\right)=\delta\ \left\{\left(\frac{\theta}{100}\right)^2-\frac{\theta}{100}\right\}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ, ನಾವು t_p ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಕಂಡು ಅದರಿಂದ θ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ δ ಎಂಬುದರ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕೆಲವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕು. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಗಂಧಕವು ಕರಗುವ ಬಿಂದು(Sulphur point)ವನ್ನು (444.60°c) ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಹಾಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ $\delta=1.5$ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

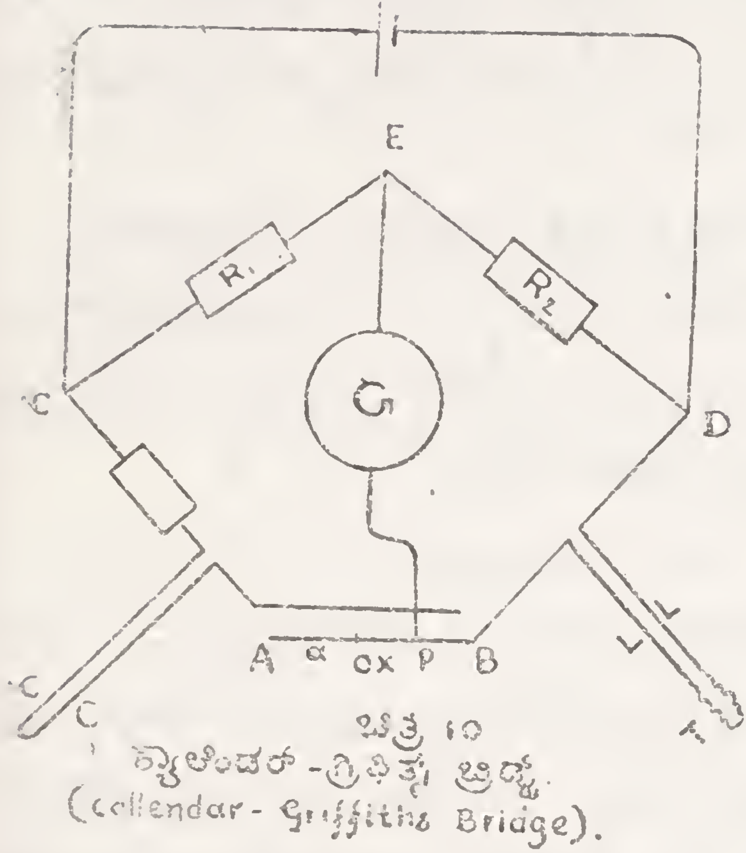
ಈಗ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 9ರಲ್ಲಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. T ,ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪೋರ್ಸಿಲೈನ್ ಟ್ಯೂಬ್. ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಎಬನೈಟ್ ಮುಚ್ಚಳ ಇದೆ. ಇದರ ತಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ ಮೈಕಾ (ಕಾಗೆಬಂಗಾರ) M ತುಂಡಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಉದ್ದದ ಪ್ಲಾಟಿನಂ



ಚಿತ್ರ ೧

ತಂತಿಯು P ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈ ತಂತಿಯ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನೂ LL ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಎರಡು ಉದ್ದವಾದ ತಂತಿಗಳಿಗೆ (Leads) ಸೇರಿಸಿವೆ· ಇವುಗಳು ತಾಮ್ರದ ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಲೋಹದವುಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಎರಡು ಎಳೆಗಳನ್ನು D.D. ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಮೈಕಾ ಬಿಲ್ಲೆ (Discs)ಗಳ ಮೂಲಕ ತೂರಿಸಿ ಇವುಗಳ ತುದಿಗಳನ್ನು ಬಂಧಕತಿರುಪು(Binding Screws)ಗಳಿಗೆ ಸಂಧಿಸಿರುತ್ತದೆ. L.L. ಲೋಹದ ಎಳೆಗಳಂತೆಯೇ ಅದೇ ಲೋಹದ ಅದೇ ಉದ್ದದ ಮತ್ತೆರಡು ತಂತಿಎಳೆಗಳನ್ನೂ ಅವುಗಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಯೇ D-Dಗಳ ಮೂಲಕ ತೂರಿಸಿ, ಅವುಗಳ ತುದಿಗಳೂ ಬಂಧಕತಿರುಪುಗಳಿಗೆ ಸಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಈ ಎರಡನೇ ಎಳೆಗಳ ದ್ವಯವು c-c ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಪರಿಹಾರ ಎಳೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ (Compensating leads). ಅವುಗಳ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಇರುವ ಎಳೆ(LL)ಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವನ್ನು ಹೊಂದಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬದಲಾವಣೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ ಅವುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕೊಳವೆಯೊಳಗೆ ವಾತಶೂನ್ಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ನೋಡೋಣ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ವ್ಹೀಟ್ಸನ್ ಸೇತುವೆ (Wheatstone Bridge)ಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿ ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ – ಗ್ರಿಫಿತ್ಸ್ ಸೇತುವೆ (Callendar Griffiths Bridge)ಯು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 10ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

ಅನುಪಾತ ಬಾಹು (Ratio Arms)ಗಳಲ್ಲಿರುವ R_1 ಮತ್ತು R_2 ಎಂಬ ಎರಡು ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಮವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮೂರನೇ ಬಾಹುವಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ(T)ದಿಂದ ಬಂದಿರುವ



ಚಿತ್ರ ೧೦
ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್-ಗ್ರಿಫಿತ್ಸ್ ಬ್ರಿಡ್ಜ್
(Callendar-Griffiths Bridge).

ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ಎಳೆಗಳು L L ಇರುತ್ತವೆ. ನಾಲ್ಕನೆಯ ಬಾಹುವಿನಲ್ಲಿ R ಎಂಬ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವೂ ಅದಕ್ಕೆ ಸೇರಿದಂತೆ ಅದೇ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಿಂದ ಬಂದಿರುವ c—c ಎಂಬ ಪರಿಹಾರ ಎಳೆಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಈ ಎಳೆಗಳ ದ್ವಯದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು l ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಎರಡು ಬಾಹುಗಳನ್ನೂ ಸಂಧಿಸಿದಂತೆ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ AB ಎಂಬ ತಂತಿ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಕ್ರಾಸ್ ಸೆಕ್ಷನ್ (Cross section) ಇರುವುದರಿಂದ, ಆ ತಂತಿಯ ಒಂದೊಂದು cm ಉದ್ದದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿಯತ (Constant)ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು p ಓಮ್ಸ್ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. C ಮತ್ತು D ಸಂಧಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್‌ಕೋಶಕ್ಕೆ ಸಂಧಿಸಿ, E ಸಂಧಿಯಿಂದ ಒಂದು ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ (Galvanometer)ದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಜಾಕಿ(Jockey)ಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಇದನ್ನು ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಾನ ಬದಲಾಯಿಸಿ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಟ್ಟಾಗ, ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕ(B)ದಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ಪ್ರವಾಹ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. P ಎಂಬುದು ನಲ್ ಪಾಯಿಂಟ್— ಶೂನ್ಯಬಿಂದು (Null Point) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

AB ತಂತಿಯ ಮಧ್ಯಬಿಂದುವು O ಆಗಿದ್ದು $OP=x$ ಇರಲಿ. ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು Pಯ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಿ, $OP=x$ ಎಂಬುದರ ಆಳತೆಯ ಉದ್ದವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ.

$$AO=OB=a$$
$$AP=(a+x)$$
$$PB=(a-x)$$

AB ತಂತಿಯ ಒಂದು cm ಉದ್ದದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಬೆಲೆ $=p$ ಓಮ್ಸ್. LL—ಹಾಗೂ, C—C—ಎಳೆಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು l ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ, $R_1=R_2$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ T ಎಂಬುದು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವಾಗಿದ್ದರೆ, ಮೂರನೆಯ ಮತ್ತು ನಾಲ್ಕನೆಯ ಬಾಹುಗಳಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ,

$R+l+(a+x)p=T+l+(a-x)p$. ಅಥವಾ $\underline{T=R+2xp}$

p, x ಮತ್ತು R ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರಿಂದ Tಯ ಬೆಲೆ ಗೊತ್ತಾದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಬೇರೆಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಆವರಣಗಳಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟು, ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವ Tಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಮೊದಲೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, Tಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ t_p ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬೆಲೆಯನ್ನೂ, ಅದರಿಂದ θ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬೆಲೆಯನ್ನೂ ನಿರ್ಧರಿಸಬಹುದು.

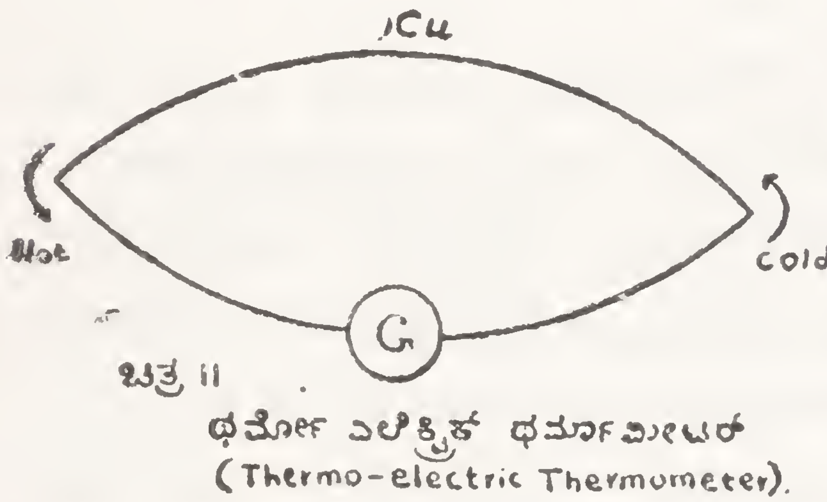
ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು—200°c ರಿಂದ 1000°c ವರೆಗೆ ಇರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಂತ ಉಪಯುಕ್ತ ಹಾಗೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮಸಾಧನ. ಇದರಿಂದ $\pm$·002°c ಅಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ಉಷ್ಣಾಂಶವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಕೂಡ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ಒಂದೇ ಒಂದು ನ್ಯೂನತೆಯೆಂದರೆ, ಅತಿಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವಿಲ್ಲ. ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ (Time lag) ಹಿಡಿಯುತ್ತದೆ.

ಶಾಖ-ವಿದ್ಯುತ್ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು (Thermo-Electric Thermometers). ಇವುಗಳ ರಚನೆಯು ಸೀಬೆಕ್ (Seebeck) ಎಂಬ ವೈಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ. ಶ. 1828ರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗದ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ನಿಂತಿದೆ.

ಎರಡು ಅಸಮಾನ ಲೋಹಗಳ ತಂತಿಗಳನ್ನು ಜೋಡಿಸಿ, ಅವುಗಳ ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಆವರಣಗಳಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ,

ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಆ ತಂತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವು ಸ್ಥಾಪಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೂ ಸಂಧಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧಪಡುವಂತೆ ನಿಯಮವಿದೆ. ಬೇರೆಬೇರೆ ಲೋಹದ್ವಯಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ವಿದ್ಯುತ್‌ಪ್ರವಾಹದ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಭಿನ್ನವಾಗುತ್ತವೆ.

ಈ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಲೋಹಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ :



ಚಿತ್ರ 11
ಥರ್ಮೋ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಥರ್ಮಾಮೀಟರ್
(Thermo-electric Thermometer).

ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಇರಿಡಿಯಂ — (Pt-Pt-)ct; ಕ್ರೋಮೆಲ್-ಅಲುಮೆಲ್....(Chromel-Alumel); ಕಬ್ಬಿಣ-ಕಾನ್ಸ್ಟ್ಯಾಟನ್... (Iron-Constantan); ಆನ್‌ಟಿಮೊನಿ—ಬಿಸ್ಮತ್— (Sb-Bi)

ಈ ಲೋಹದ್ವಯಗಳನ್ನು (Couples) ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ, ಒಂದು ಸಂಧಿಯನ್ನು ಕರಗುವ ಹಿಮದ ಆವರಣದಲ್ಲಿ (0°c) ಇಟ್ಟು ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಧಿಯನ್ನು ಶಾಖದ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಡಬಹುದು. ಈ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಎರಡು ಸಂಧಿಗಳಿಗೆ ನಡುವೆ ಇರುವ (Potential Difference) ಪೊಟೆನ್‌ಷಿಯಲ್ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಹಚ್ಚಬಹುದು.

ಒಂದು ಸಂಧಿಯು 0°cನಲ್ಲಿದ್ದು ಮತ್ತೊಂದು ಸಂಧಿಯು t°cನಲ್ಲಿದ್ದು ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಟ್ಟ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು E ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$E = A + Bt + C.\,t^2$$

ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ, A,B ಮತ್ತು C ಎಂಬ ನಿಯತಾಂಕಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಮೊದಲು ನಿರ್ಧರಿಸಿದರೆ, ನಂತರ, E ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ತಿಳಿದರೆ, t ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಬಹುದು.

ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಸುಮಾರು 1400°c ವರೆಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತವೆ. ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮತೆ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಇಲ್ಲದಿರುವ ಒಂದು ಗುಣ ಇವುಗಳಿಗಿದೆ. ಇದೇನೆಂದರೆ, ಬಹಳ ಅಲ್ಪಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅತಿಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ-ಸೂಕ್ತಮಾಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದಲ್ಲಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಓದಬಹುದಾದ ಸೂಚಿಗಳನ್ನು ಅಳವಡಿಸಬಹುದು.

ನಮ್ಮ ಆವಶ್ಯಕತೆಗಳಿಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ, ನಾವು ಈ ಎರಡು ವಿಧದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದನ್ನು ಆರಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು—

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ (ಪರಮ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವುದಾದರೆ, ಹಬೆಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಹೀಲಿಯಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುವುದು.

ಹಾಗೆಯೇ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧಕವಾಗುವ ಪೈರಾಮಿಟರ್ಸ್‌ಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ಶಾಖಪ್ರಸಾರದ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಲಾಗುವುದು.

ಇದುವರೆವಿಗೂ ತಿಳಿಸಿರುವ ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಯಾವ ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ಮುಂದೆ ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಪಟ್ಟಿಯು ಸಹಾಯಕವಾಗಬಹುದು.

ಮಾದರಿ	ಗುಣಗಳು	ಅವಗುಣಗಳು	ಅವಧಿಗಳು
1. ಗಾಜಿನಲ್ಲಿ ದ್ರವ (Liquid-in-glass)	(i) ಸರಳ (ii) ನೇರವಾಗಿಯೂ ಸುಲಭವಾಗಿಯೂ ಓದುವಿಕೆ	(i) ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಅವಧಿಯಿಲ್ಲ. (ii) ಗಾಜಿನ ಪೂರ್ವ ಚರಿತ್ರೆಯಿಂದ ಆಗಬಹುದಾದ Zero ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಮುಂತಾದುವುಗಳಿಂದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ—	(i) ಪಾದರಸದ ಮೇಲೆ ಸಾರಜನಕವಿದ್ದರೆ–30°C—400° C (ii) ಮದ್ಯಸಾರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ +30°C to- —100° C
2. ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ	(i) ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿ (ii) Zero ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಮುಂತಾದುವುಗಳ ತೊಂದರೆ ಇಲ್ಲ. (iii) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಲು ಅವಕಾಶ	(i) ದೊಡ್ಡ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಕ್ಲಿಷ್ಟರಚನೆ (ii) ನೇರವಾಗಿ ಓದಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. (iii) ನಿಧಾನವಾದ ಕ್ರಿಯೆ	—270° C to 2500° C
3. ಪ್ಲಾಟಿನಂ ರೆಸಿಸ್ಟೆಂಸ್ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ	(1) ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿ (2) $\frac{1}{50}$°C ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಓದಲು ಸಾಧ್ಯತೆ (3) Zero ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಲ್ಲ	(1) ಸರಳ ರಚನೆಯಿಲ್ಲ (2) ಹೆಚ್ಚು ಖರ್ಚು (3) ನೇರವಾಗಿ ಓದಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ	---200° C to 1200°C
4. ಥರ್ಮೋಕಪಲ್ಸ್ (Thermo-couples)	(1) ವಿಶಾಲ ವ್ಯಾಪ್ತಿ (2) ಸಾಮಾನ್ಯ ಖರ್ಚು	(1) Zero ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ.	---270°C to 2000°C

ಮಾದರಿ	ಗುಣಗಳು	ಅವಗುಣಗಳು	ಅವಧಿಗಳು
	(3) ಸಣ್ಣಗಾತ್ರ	(2) ನೇರ ಓದು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ.ವಿಕೆಗೆ	
5. ಪೈರಾಮೀಟರ್ಸ್ (Radiation Pyrometers)	ವಿಶಾಲವ್ಯಾಪ್ತಿ (ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ)	(1) ಸರಳ ರಚನೆಯಿಲ್ಲ. (2) ಶಾಖಪ್ರಸಾರದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಪೂರ್ವಭಾವಿಮಾನಗಳು (Calibration) ಅವಶ್ಯಕ—	500°C and above
6. ಹಬೆ ಒತ್ತಡ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು (Vapour Presure Thermo-meters)	ಅತಿ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುವು.	(1) ಕ್ಲಿಷ್ಟರಚನೆ. (2) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಲು ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಆದರ್ಶವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅವುಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಬೇಕು.	0° to 5° Absolute
7. ಅಯಸ್ಕಾಂತೀಯ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (Magnetic Susceptibility Thermo-meters)	,,		

2. ವಸ್ತುವಿನ ವಿಕಾಸ

(Expansion)

ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಶಾಖವನ್ನು ಕೊಡುವುದರಿಂದ ಆಗುವ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪರಿಣಾಮ ಏನೆಂದರೆ, ಅವುಗಳ ವಿಕಾಸ. ಅಂದರೆ, ಅವುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಣಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿನಾಯತಿ (Exceptions) ಯು 0°—4°C ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನೀರು ತೋರ್ಪಡಿಸುವ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆ.

ಮೊದಲು ಘನರೂಪದ ವಸ್ತುಗಳ ವಿಷಯವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಎರಡು ಬಗೆಯಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧವನ್ನು ಐಸೋಟ್ರಾಪಿಕ್ (Istotropic) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ, ಮೂರು ಪ್ರಧಾನ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿಕಾಸದ ದರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳೂ, ಹರಳು ರಚನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುವೂ ಕೂಡ, ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರುತ್ತವೆ. ಇನ್ನು ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ವಿಕಾಸಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅನ್ ಐಸೋಟ್ರಾಪಿಕ್ (An isotropic) ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ಹರಳುರಚನೆಯುಳ್ಳ ಕೆಲವು ವಸ್ತುಗಳು ಈ ಜಾತಿಗೆ ಸೇರುತ್ತವೆ.

ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅಳೆದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು ನಾವು **ವಿಕಾಸಾಂಕ** (Coefficient of expansion) ದಿಂದ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಘನರೂಪದ ವಸ್ತುವಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರವಿರುವುದರಿಂದ, ಉದ್ದ, ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ, ಮತ್ತು ಘನಗಾತ್ರ—ಈ ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ (Dimensions) ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

ಈಗ ಒಂದು ಲೋಹದ ಸರಳನ್ನು (Rod) ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ

ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅದರ ಉದ್ದವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. O°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅದರ ಉದ್ದ l_0 cms. ಆಗಿದ್ದು, t°c ನಲ್ಲಿ ಅದು l cms. ಆದರೆ,

$$\alpha = \frac{l-l_0}{l_0\, t} = \frac{\text{ಉದ್ದದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ}}{\text{ಪೂರ್ವ ಉದ್ದ} \times \text{ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ}}$$

ಇಲ್ಲಿ α ಎಂಬುದನ್ನು ಉದ್ದದವಿಕಾಸಾಂಕ (Coefficient of linear expansion) ಎಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು.

ಅದೇ ಸಮೀಕರಣವನ್ನೇ ಪರಿವರ್ತಿಸಿ.

$l = l_0 (1+\alpha t)$ ಎಂದು ಬರೆಯುಬಹುದು.

ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶ-	t_1°c	ಉದ್ದ	l_1 cm.
,,	t_2° c	ಉದ್ದ	l_2 cm.
ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ	(t_2-t_1)°c	ಉದ್ದವಿಕಾಸ	(l_2-l_1) cms.

$$\alpha = \frac{l_2-l_1}{l_1\ (t_2-t_1)}$$

ಅಂದರೆ, 1 cm. ಉದ್ದದ ಸರಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದನ್ನು 1°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಏರಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಉದ್ದದ ವಿಕಾಸವು α ಆಗಿರುತ್ತದೆ ಎಂದು ಅರ್ಥ.

ಹೀಗೆಯೇ, ಉದ್ದದ ಸರಳಿಗೆ ಬದಲು, ನಾವು ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಚಚ್ಚೌಕ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನೂ ವೃದ್ಧಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಲಂಬ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಕಾಸದ ಪರಿಣಾಮವಿದು—t_1°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು A_1 sq. cm. ಇದ್ದು t_2°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅದು A_2 ಆದರೆ, ಈ ಕ್ಷೇತ್ರದ ವಿಕಾಸ ಅಂಕವು β ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\beta = \frac{A_2-A_1}{A_1\ (t_2-t_1)}$$

ಇನ್ನು ಮೂರು ಪರಿಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಸ್ತರಿಸುವ ಒಂದು ಘನ (Cube) ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಗಾತ್ರ (Volume) ವು t_1°c ನಲ್ಲಿ V

ಆಗಿದ್ದು, ಉಷ್ಣಾಂಶವು $t_2°c$ ಗೆ ಏರಿದಾಗ ಗಾತ್ರವು V_2 ಗೆ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದಿದರೆ, ಈ ಗಾತ್ರವಿಕಾಸವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಅಂಕವು γ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\gamma = \frac{V_2 - V_1}{V_1\,(t_2 - t_1)}$$

ಈ ಮೂರು ವಿಕಾಸಾಂಕಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಸರಳ ಸಂಬಂಧವಿದೆ.

ಇದು $\alpha : \beta : \gamma = 1 : 2 : 3$

ದ್ರವಗಳ ವಿಕಾಸ

ದ್ರವಗಳಿಗೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರವಿಲ್ಲ ಮತ್ತು ಯಾವುದಾದರೂ ಘನ ವಸ್ತುವಿನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ದ್ರವಗಳ ವಿಕಾಸವು ಗಾತ್ರ ಅಥವಾ ಘನ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಮಾತ್ರ ಸಂಬಂಧಿಸಿರುವುದು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ-ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸಬೇಕಾದರೆ ಅದರ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಅದಕ್ಕೆ ಆಶ್ರಯಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಏರಲೇಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ನಮಗೆ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವ ವಿಕಾಸವು ದ್ರವದ ನಿಜವಾದ ವಿಕಾಸವನ್ನು ತೋರಿಸದೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷವಿಕಾಸ (Relative)ವು ಮಾತ್ರ ನಮಗೆ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ದ್ರವದ ನಿಜವಿಕಾಸ (Real Expansion) ದಿಂದ, ಆಶ್ರಯ ಪಾತ್ರೆಯ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಕಳೆದರೆ, ನಮಗೆ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಿಕಾಸವು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ದ್ರವಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ, ನಿಜ ವಿಕಾಸಾಂಕಕ್ಕೂ ಸಾಪೇಕ್ಷವಿಕಾಸಾಂಕಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೂಕದ ದ್ರವದ ಘನಪ್ರಮಾಣ (Volume) ಗಳು, $t_1°C$ ಮತ್ತು $t_2°C$ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ V_1 ಮತ್ತು V_2 ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\text{ನಿಜಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸಾಂಕ } r = \frac{V_2 - V_1}{V_1\,(t_2 - t_1)}$$

ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲು ನಾವು O°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಗಾತ್ರ (V_0) ವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$\gamma_0 = \frac{V - V_0}{V_0 \cdot t} \text{ ಆಗುತ್ತದೆ.}$$

$0°C$ ಮತ್ತು $t°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ρ_0 ಮತ್ತು ρ_t ಆದರೆ,

ದ್ರವದ ತೂಕ M ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$M = V_0 \rho_0 = V\rho$$

ಅಥವಾ $$\frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} = (1+\gamma_0 t).$$

ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ, ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಮೇಲಿನ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ದ್ರವವನ್ನು ಒಂದು ಗಾಜಿನ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು, ಅದರಿಂದ ನಾವು ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಿಕಾಸಾಂಕ β, ಬರುತ್ತದೆ. 'g' ಎಂಬುದು ಗಾಜಿನ ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸಾಂಕ ಆದರೆ

$$\beta = r - g$$

ಅನಿಲಗಳು :—ಅನಿಲಗಳ ವಿಕಾಸವನ್ನು ನಾವು ಪರೀಕ್ಷಿಸುವಾಗ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿಯತ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಅದರ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ-ಇವೆರಡನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ—ಉಷ್ಣಾಂಶ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗದಿದ್ದಾಗಲೂ ಕೂಡ, ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅದರ ಒತ್ತಡವನ್ನೂ ಜೊತೆಯಲ್ಲಿಯೇ ತಿಳಿಸಬೇಕು. ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣವಿಲ್ಲದೆ ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಅರ್ಥವಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಅನಿಲದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದತಕ್ಕ (Variable) ಮೂರು ಅಂಶಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕು. ಈ ರೀತಿ ತಿಳಿಸಲ್ಪಡುವ ಸಮೀಕರಣಗಳೇ ಅನಿಲದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು (Gas laws) ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಮೂರು ಅಂಗಗಳು ಯಾವುವೆಂದರೆ, ಗಾತ್ರ (Volume) ಒತ್ತಡ (Pressure) ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ (Temperature).

(Boyle's Law) ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮ :

ಉಷ್ಣಾಂಶ ನಿಯತವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಒತ್ತಡದ ವಿಲೋಮ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. (The Volume of a given mass of gas is

inversely proportional to the pressure if the temperature is kept constant).

'P' ಎಂಬುದು ಒತ್ತಡವನ್ನೂ, 'V' ಎಂಬುದು ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಸೂಚಿಸಿದರೆ, $P \alpha \frac{1}{V}$ (ಉಷ್ಣಾಂಶ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗದಿದ್ದರೆ)

ಅಥವಾ **PV = Constant.**

ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮಾತ್ರ ಮೇಲಿನ ನಿಯಮವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ (ideal gases) ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶದಪಡಿಸಲಾಗುವುದು.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ–ಇವೆರಡರ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ನಮಗೆ ಎರಡು ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕಗಳು (Coeffiicents of expansion) ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ.

ಮೊದಲನೆಯ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ನಾವು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ, ಕೇವಲ ಗಾತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗುರ್ತಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಗಾತ್ರವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ—α_p—(Coefficient of expansion at constant pressure) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಬಹುದು :

ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಗಾತ್ರ	ಒತ್ತಡ
$0°C$	v_0	P_0
$t_1°C$	v_1	P_0
$t_2°C$	v_2	P_0

ಮೂರು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒತ್ತಡವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ P_0 ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವ ಅಂಶಗಳು. ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರ ಮಾತ್ರ.

α_p = ಗಾತ್ರವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ

$$= \frac{\text{ಗಾತ್ರಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ}}{\text{O°Cನಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣ} \times \text{ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅಂತರ}}$$

$$= \frac{V_1 - V_0}{V_0 (t_1 - 0)} = \frac{V_1 - V_0}{V_0 t_1}$$

$$= \frac{V_2 - V_1}{V_0 (t_2 - t_1)}$$

ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶಬದಲಾವಣೆಗಳಾದರೂ, ಗಾತ್ರದ ವಿಕಾಸವನ್ನು $O°C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿನ ಗಾತ್ರ V_0ಗೇ ಹೋಲಿಸಬೇಕು.

ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬರೆದರೆ,

$$V = V_0 [1 + \alpha_p \cdot t]$$

ಇದೇ ನಿಯಮವನ್ನೇ ಚಾರ್ಲ್ಸ್ (Charle's Law) ತನ್ನ ನಿಯಮವನ್ನು ಎಲ್ಲ ಸಾಧಾರಣ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಹೇಳಿದ್ದಾನೆ. ಆ ನಿಯಮವು ಈ ರೀತಿಯಲ್ಲಿದೆ.

ಒತ್ತಡವು ನಿಯತವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತೂಕದ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿ C (1°C) ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಗೆ O°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿನ ತನ್ನ ಗಾತ್ರದ $\frac{1}{273}$ ರಷ್ಟು ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಈ ನಿಯಮವನ್ನು ಹಿಂದಿನ ವಿವರಣೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದಲ್ಲಿ

$$\alpha_p = \frac{1}{273} \text{ ಎಂದಾಗುತ್ತದೆ.}$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಅನಿಲದ ಗ್ರಾತವನ್ನೂ ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅದರ ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿಸುವಂತೆ ಒತ್ತಡ ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕವೆಂಬ (Coefficient of increase of pressure at Constant volume) ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು. ಇದನ್ನು α_v ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಗಾತ್ರ	ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಒತ್ತಡ
V_o	$0^\circ C$	p_o
V_o	$t_1{}^\circ C$	p_1
V_o	$t_2{}^\circ C$	p_2

$$\alpha_v = \frac{p_1 - p_o}{p_o t_1} = \frac{p_2 - p_1}{p_o(t_2 - t_1)}$$

ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಒತ್ತಡಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು P_o ರಿಂದಲೇ ಭಾಗಿಸ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಯಲ್ ಮತ್ತು ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡುವ ಅನಿಲ ಗಳನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣ (Perfect) ಅನಿಲಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಗಾಳಿ, ಜಲಜನಕ ಮೊದಲಾದ ಅನಿಲಗಳು ಕೆಲವು ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅನಿಲಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವು ವೆಂಬುದಾಗಿ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇಂಥ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎರಡು ಗುಣಾಂಕಗಳೂ, (α_p ಮತ್ತು α_v) ಒಂದೇ ಸಮಾನವಾದ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಹೀಗೆ ಸಮರ್ಥಿಸಬಹುದು.

ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಮೊದಲು ಅದರ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆ ನೋಡಿಕೊಂಡು, ಉಷ್ಣಾಂಶ ವನ್ನು ಮಾತ್ರ $0^\circ C$ ನಿಂದ $t^\circ C$ ಏರಿಸಿದರೆ, ಆದರ ಒತ್ತಡವು P_o ಇಂದ P ಗೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾದರೆ,

$$P = P_o(1 + \alpha_v t) \text{ ಇರುತ್ತದೆ.}$$

ಗಾತ್ರ	ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಒತ್ತಡ
V_o	$0^\circ C$	p_o
V_o	$t^\circ C$	$p\cdot = p_o(1 + \alpha_v t)$

ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಅದೇ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು p_o ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಆದರ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ,

ಒತ್ತಡ	ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಗಾತ್ರ
p_o	OV_oC	v_o
p_o	$t^\circ C$	$V_o(1+\alpha_p\cdot t) = v\cdot$

ಇವೆರಡನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, $t^{\circ}c$ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಇರುವಾಗ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಒತ್ತಡ	ಗಾತ್ರ	ಒತ್ತಡ × ಗಾತ್ರ
t°C	p	V_o	$p \times V_o$
	$=P_o(1+d_v t)$		
t°C	po	v	$p_o \cdot V$.
		$= V_o(1 + \alpha_p \cdot t)$	

$$pv_o = p_o v$$

$$(1+\alpha_v \cdot t) = (1+\alpha_p \cdot t)$$

$$\therefore \quad \alpha_v = \alpha_p$$

$\alpha_p = \frac{1}{273}$ ಆದರೆ, $\alpha_v = \frac{1}{273}$ ಇರಬೇಕು.

ಇದು ಒಂದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ.

ಈಗ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಹಾಗೆಯೇ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಾನವನ್ನೂ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. (Absolute Scale of temperature). ಚಾರ್ಲ್ಸ್‌ನನಿಯಮದಪ್ರಕಾರ

$$v = v_o\left(1 + \frac{1}{273} \cdot t\right)$$

t°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಗಾತ್ರದ ಬೆಲೆ v ಇರುತ್ತದೆ ಇದು ಎಲ್ಲಾ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಾವು ಉಷ್ಣಾಂಶ ವನ್ನೂ 0°C ನಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಸುತ್ತಹೋದರೆ, ಗಾತ್ರವೂ ಕೂಡ ಕಡಮೆ ಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತಿರುವ ಗಾತ್ರವು ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಟ ಅವಧಿ (lowest limit) ಯಾದ O ಶೂನ್ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಕಡಮೆಯಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಅಂದಮೇಲೆ, ಈ ಕನಿಷ್ಠ ಗಾತ್ರವನ್ನು x°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಮುಟ್ಟಿದರೆ

$$v = O = v_o\left(1 + \frac{x}{273}\right)$$

ಅಥವಾ $x = -273^{\circ}$ C

ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಒಂದು ಅರ್ಥವಿದೆ. ಅದೇನೆಂದರೆ, ಯಾವ ಅನಿಲವೇ

ಆಗಲಿ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಲುಪಿದರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಇದಕ್ಕೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಶೂನ್ಯಬಿಂದು (Absolute Zero Point) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ, ಇದನ್ನೇ ನಾವು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಮಗೆ ನಿರುಪಾಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಾನ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿ ಅಂತರವು, ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನದ ಒಂದು ಡಿಗ್ರಿ ಅಂತರದಷ್ಟೇ ಇರಬಹುದು. ಆದರೆ, ಈ ಎರಡು ಮಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಡುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿದ್ದು ಆ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ 273 ಇರಬೇಕು.

ಇದನ್ನು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಬಹುದು.

ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನ	ನಿರುಪಾಧಿಕ ಮಾನ (Absolute Scale)
$0°C$	$273° A = T_0° A.$
$-273° C$	$0° A$
$t° C$	$(273+t) = T° A.$
$100°C$	$373° A.$

ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್‌ಮಾನದಲ್ಲಿ ಧನ ಅಥವಾ ಋಣ (Positive or Negative) ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಇರಬಹುದಾದರೂ, ನಿರುಪಾಧಿಕ ಮಾನದ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೆಲ್ಲ ಧನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿಯೇ ಇರಬೇಕು. ಅವುಗಳು ಋಣಸಂಖ್ಯೆಗಳಾಗಿರುವುದು ಅರ್ಥರಹಿತವಾದುದು.

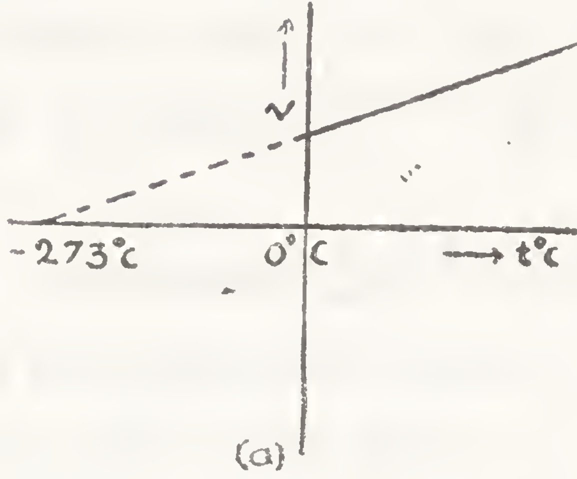
ಸಾಮಾನ್ಯಅನಿಲಗಳ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ನಿರುಪಾಧಿಕಮಾನದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ ಬಹಳ ಪ್ರಯೋಜನಗಳುಂಟು. ಮೊದಲು ಇದನ್ನು ಚಾರ್ಲ್ಸ್‌ನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಬಹುದು.

$$V=v_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right)$$

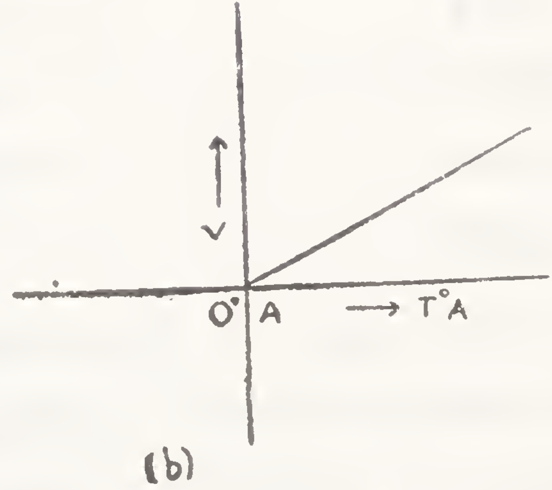
$$V= \frac{v_0 (273 + t)}{273}$$

ಅಥವಾ $\frac{v}{v_0} = \frac{273+t}{273} = \frac{T}{T_0}$ [Pressure Constant]

T_0 ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರವು v_0 ಇದ್ದರೆ, ಅದರ ಪಾತ್ರವು T ಉಷ್ಣಾಂಶ ದಲ್ಲಿ $\frac{v_0 \cdot T}{T_0}$ ಇರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 12
ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವಿಕಾಸ
ನಕ್ಷೆಗಳು.



ಅಂದರೆ, v ಮತ್ತು T ಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಸರಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು [Direct proportion] ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸುವ ರೇಖೆಯೂ ಕೂಡ ಸರಳರೇಖೆ (Straight line) ಇರುತ್ತದೆ. (ಚಿತ್ರ 12).

ಇದೇ ಕಾರಣದ ದೆಸೆಯಿಂದ ನಾವು ಗಾತ್ರವನ್ನು ನಿಯತವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಬದಲಾಯಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ,

$$P = P_0 \left(1 + \frac{t}{273}\right) = P_0 \cdot \frac{273+t}{273} = P_0 \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{P}{P_0} = \frac{T}{T_0}$$ (Volume constatnt)

ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದೊಂದಿಗೆ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಗಳೆರಡೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದ ಸಮೀಕರಣ (Perfect gas equation) ಎಂದು ಕರೆಯುಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು, ಬಾಯಲ್ ಮತ್ತು ಚಾರ್ಲ್ಸ್‌ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನುಕ್ರಮವಾಗಿ ನಡೆಯುವಂತೆ ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈಗ $O^{\circ}C$ ಅಥವಾ T_o° A ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳು p_o ಮತ್ತು v_o ಇರಲಿ.

ಮೊದಲು, ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸದೆ, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮಾತ್ರ P_o ಇಂದ p ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಿದಲ್ಲಿ, ಗಾತ್ರವು v_o ಇಂದ v ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಬಹುದು.

ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ

$$v_o p_o = v' p$$

$$\therefore \quad v' = \frac{p_o \cdot v_o}{p}$$

ಈಗ ಮುಂದಿನ ಘಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ p ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು T_o° ಇಂದ T ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಿದಾಗ ಅದರ ಗಾತ್ರವು V′ ಇಂದ V ಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ.

ಚಾರ್ಲ್ಸ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $\frac{v'}{T_o} = \frac{v}{T}$

$$\therefore \quad v = v', \frac{T}{T_o} = \frac{p_o\, v_o}{p} \cdot \frac{T}{T_o}$$

ಅಥವಾ $\frac{p_o\, v_o}{T_o} = \frac{p\, v}{T}$

ಹೀಗೆಯೇ, ಇದೇ ಅನಿಲವನ್ನು T° ಗೆ ಬದಲಾಗಿ T'° ಬದಲಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳು p′, v′ ಆದರೇ

$$\frac{p_o\, v_o}{T_o} = \frac{p'\, v'}{T'}$$

T ಮತ್ತು T′ ಗೆ ಯಾವ ಬೆಲೆಯಾದರೂ ಇರಬಹುದಾದರಿಂದ ನಮಗೆ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣವು ತಿಳಿದಂತಾಯಿತು.

$$\frac{p_o v_o}{T_o} = \frac{pv}{T} = \frac{p' v'}{T} = \ldots\ldots = \text{constant}$$

ಈ Constant ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಲೆಯು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೂ, ಬೇರೆ ಬೇರೆ ತೂಕಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಅದರ ಬೆಲೆಗಳು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತವೆ. 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಇದರ ಬೆಲೆಯು r ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\frac{pv}{T} = r = \frac{p_o v_o}{T_o}$$

2 ಗ್ರಾಂ ತೂಕಕ್ಕೆ $2r$ ಮತ್ತು m ಗ್ರಾಂ ತೂಕಕ್ಕೆ ಅದರ ಬೆಲೆಯು mr ಇರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್‌ನ ತೂಕ ನಿಖರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅದರ ಅಣು ತೂಕವನ್ನು (Molecular weight) ಗ್ರಾಂನಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ ಬರುವ ಸಂಖ್ಯೆಯೇ ಅದು. ಇದನ್ನು M ಸಂಕೇತದಿಂದ ಸೂಚಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ M=2 ಗ್ರಾಂ. ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕೆ M=32 ಗ್ರಾಂ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ತೂಕದಲ್ಲಿ ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಹೀಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಗುಣವಿದೆ. ಅದೇನೆಂದರೆ, ಯಾವ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ ಅದರ ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಗಾತ್ರವು (Gramme-molecular volume) ಮಾತ್ರ O°C ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು 76 cms. ಒತ್ತಡ (Standard Temperature and Pressure—S.T,P.) ದಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಒಂದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಬೆಲೆ 22,400 C.C. ಇರುತ್ತವೆ.

ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್‌ಗೆ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶ—O°C = 273° A—(T_o)

ಒತ್ತಡ $P_o = 1$ atmosphere
$= 76$ cms. of mercury
$= 76 \times 13{\cdot}6 \times 981$ dynes/sq.cms.

ಗಾತ್ರ $V_o = 22{,}400$ c.c.

ತೂಕ M ಗ್ರಾಂಗಳು.

ಅನಿಲದ ನಿಯತಾಂಕ $= R$

ಹಿಂದಿನ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $R = \dfrac{P_o V_o}{T_o}$

ಅಥವಾ $R = \dfrac{76 \times 13{\cdot}6 \times 981 \times 22{,}400}{273}$

$= 8{\cdot}318 \times 10^7$ ergs/°A.

Logs
1·8808
1·1335
2·9917
4·3502
10·3562
2·4362
7·9200

ಇದನ್ನು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಅನಿಲ ನಿಯತಾಂಕ (Universal Gas Constant) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಜಲಜನಕದ ಗ್ರಾಂ ಅಣುತೂಕವು 2 ಗ್ರಾಂ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಇದರ $R = 8{\cdot}318 \times 10^7$ ergs.

1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ನಿಯತಾಂಕ $r = \frac{1}{2} R$

ಅಥವಾ $r_{(H)} = 4{\cdot}159 \times 10^7$ ergs./°A

1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕ ಆಮ್ಲಜನಕದ ನಿಯತಾಂಕವು

$$r_{(o)} = \frac{R}{32} = 0{\cdot}26 \times 10^7 \text{ ergs/°A}$$

ಯಾವ ಅನಿಲಕ್ಕಾದರೂ 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ನಿಯತಾಂಕದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು,

$$r = \frac{P_o}{\rho_o T_o} \left[\text{ಇಲ್ಲಿ } \rho_o = \text{ಸಾಂದ್ರತೆ} = \frac{1}{V_o} \right]$$

$P_o = 76$ cms. of mercury
$T_o = 273°$ A
$\rho_o =$ ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ (at S.T.P.)

$$r = \frac{76 \times 13.6 \times 981}{273 \times \rho_0}$$

ρ_0 ನ ಬೆಲೆಯನ್ನು Tables ನಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. R ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕೆಲಸದ (Work units) ಮಾನದಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ, $8{\cdot}318 \times 10^7$ ergs ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಶಾಖದ ಮಾನಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೆ

$$R = \frac{8{\cdot}318 \times 10^7}{J} = \frac{8{\cdot}318 \times 10^7}{4{\cdot}18 \times 10^7}$$

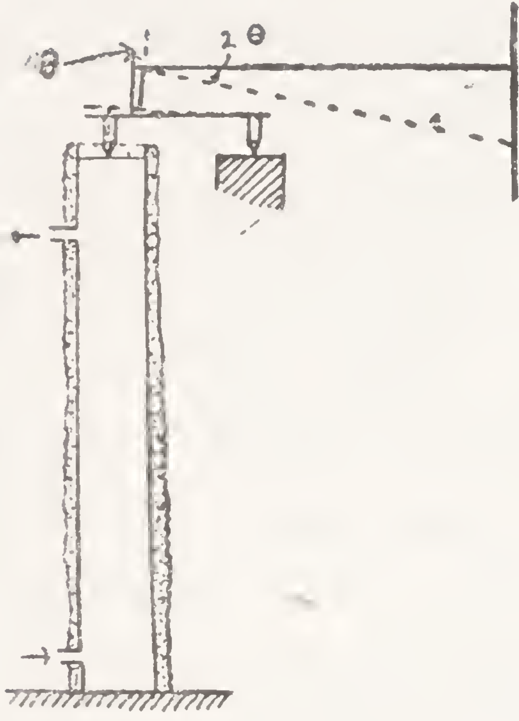
$= 1{\cdot}98$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು (app)

[ಇಲ್ಲಿ J = ಶಾಖಕ್ಕೆ ಸಮವಾದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಶಕ್ತಿ
= (Mechanical equivalent of Heat)
$= 4.18 \times 10^7$ ergs cal]

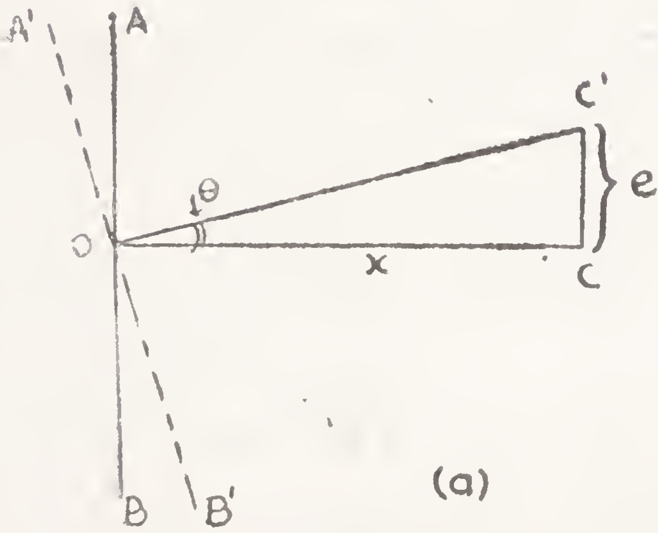
ಇದುವರೆವಿಗೂ, ವಸ್ತುವಿನ ಮೂರು ರೂಪಗಳಿಗೂ (ಘನ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ) ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ಆಗುವ ವಿಕಾಸದ ವಿಷಯವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ ಈ ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು (Coefficients) ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆಮಾಡಬಹುದು.

1. ಘನವಸ್ತುವಿನ ಉದ್ದ ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕ

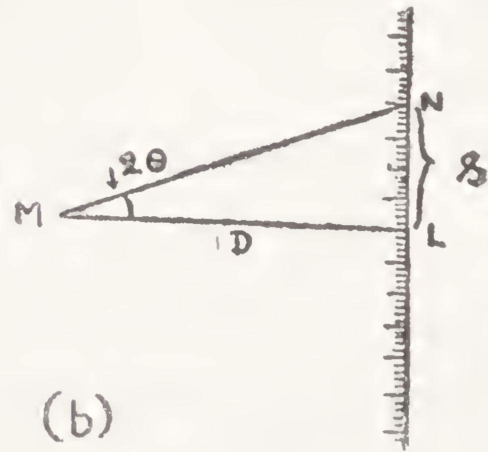
ಸಾಮಾನ್ಯ ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗೆ, ಈ ಗುಣಾಂಕದ ಬೆಲೆಯು ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದು. ಕಬ್ಬಿಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಬೆಲೆಯು .000012 ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, 100 cms. ಉದ್ದದ ಒಂದು ಕಬ್ಬಿಣದ ತುಂಡಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 0°C ನಿಂದ 100°C ಗೆ ಏರಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಉದ್ದವು ಕೇವಲ 0·12 cm. ಅಥವಾ 1·2 mm. ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ನಮಗೆ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನೆಗಳು ಬೇಕು. ಗೋಳವಕ್ರತಾಮಾಪಿ (Spherometer) ಯನ್ನಾಗಲಿ, ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರವನ್ನಾಗಲಿ (Microscope) ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದಲ್ಲದೆ ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಜ್ಯೋತಿಸನ್ನೆ (Optical lever) ಯಿಂದಲೂ, ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಉದ್ದದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ಇದರ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ. ಘನವಸ್ತುವು ಒಂದು ಸರಳಿನ


ಚಿತ್ರ 13

ರೂಪ (Rod) ದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಸುಮಾರು 100 cms. ಉದ್ದದ ತುಂಡನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು ಅದೇ ಉದ್ದದ, ಅಗಲವಾದ ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದಂತಿರುವ (jacket) ಲೋಹದ ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಕೆಳಭಾಗವು ಒಂದು ಅಗಲವಾದ ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಸರಳಿನ ತಳ ಭಾಗವು ಕೆಳಗಿನ ಚೌಕಟ್ಟಿನಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುವುದರಿಂದ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದರೆ ಆ ಕೊನೆಯು



ಚಿತ್ರ 14
(optical Lever)



ವಿಕಾಸಹೊಂದುವಹಾಗಿಲ್ಲ. ಅದರ ಮೇಲಿನ ತುದಿಯು ಮಾತ್ರ ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಕೊಳವೆಯ ಆವರಣದಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪ ಚಾಚಿಕೊಂಡಿರುತ್ತದೆ.

ಚೌಕಟ್ಟಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯು ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದು. ಇದರ ಮಧ್ಯದ ಮೂಲಕ ಸರಳಿನ ಮೇಲಿನ ತುದಿಯು ಬಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸನ್ನೆಯು (lever) A, B, C ಎಂಬ ಮೂರು ಕಾಲುಗಳ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿರುವ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಸಮತಲದರ್ಪಣ (Plane mirror) ವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಕಾಲುಗಳು ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ, C ಎಂಬುದು ಸರಳಿನ ಚಾಚಿಕೊಂಡಿರುವ ತುದಿಯಮೇಲೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ದರ್ಪಣದ ಮುಂದುಗಡೆ ಸುಮಾರು 100 cms. ದೂರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೀಟರ್‌ಸ್ಕೇಲನ್ನು ಇಟ್ಟು, ಈ ಸ್ಕೇಲಿನ ಭಾಗಗಳು ದರ್ಪಣದಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಆ ಪ್ರತಿಫಲಬಿಂಬ (Reflected Image) ವನ್ನು ಸೂಕ್ತ ಜಾಗದಲ್ಲಿಡಲ್ಪಟ್ಟ ದೂರದರ್ಶಕ (Telescope) ದಲ್ಲಿ ಕಾಣುವಂತೆ ಮಾಡಿಟ್ಟುಕೊಂಡಿರಬೇಕು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, ಸರಳಿನ ಉದ್ದವನ್ನು (ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ) ಅಳತೆಮಾಡಬೇಕು. ನಂತರ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಅದನ್ನು ಲೋಹದ ಕೊಳವೆಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ನಿಂತುಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಮೇಲಿನ ತುದಿಯಲ್ಲಿ ಜ್ಯೋತಿಸನ್ನೆಯನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿ, ಕನ್ನಡಿಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾದ ಸ್ಕೇಲಿನ ವಿಭಾಗವನ್ನು ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ನೋಡಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಲೋಹದ ಕೊಳವೆಯೊಳಗೆ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಬಿಡುವುದಕ್ಕೂ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುವುದಕ್ಕೂ (Inlet and Outlet for Steam)ನಾಳಿಕೆಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಒಳಗೆ ನೀರಿನ ಆವಿ (Steam) ಯು ಧಾರಾಳವಾಗಿ ಹೋಗುತ್ತಾ ಇರುವಾಗ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವಂತೆ ಕೊಳವೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ ಕೆಳಗೂ ಎರಡು ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಇರುತ್ತವೆ.

ಇಷ್ಟು ಪೂರ್ವಸಿದ್ಧತೆಗಳಾದ ಮೇಲೆ, ಕೊಳವೆಯ ಮೂಲಕ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲ ಕಳೆದಮೇಲೆ, ಲೋಹದ ಸರಳು ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅದು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿ. ಮೇಲ್ಭಾಗದ ತುದಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಏರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಅದರ ಮೇಲಿರುವ ಸನ್ನೆಯ ಕಾಲೂ ಕೂಡ ಏರಿ, ದರ್ಪಣವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಓರೆ

Tilt) ಮಾಡಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ನಾವು ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಗುರುತು ಮಾಡಿದ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಸ್ಕೇಲಿನ ಭಾಗವು ಬದಲಾಗಿ ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗವು ಬರುತ್ತದೆ (Focus). ಲೋಹದ ಸರಳು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಮೇಲೆ, ನಾವು ಆ ಸ್ಕೇಲ್ ವಿಭಾಗವನ್ನು (Scale Division) ಗುರುತುಮಾಡಬೇಕು. ಸರಳಿನ ವಿಕಾಸದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಉಂಟಾಗಿರುವ ಸ್ಕೇಲ್ ವಿಭಾಗಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (Shift) ವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ, ವಿಕಾಸದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಉದ್ದ ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕವನ್ನು ತಿಳಿಯುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿರುತ್ತೆ :—

ಸರಳಿನ ಉದ್ದ (ಪೂರ್ವಭಾವಿ) .... l_1 cms.

ಸರಳಿನ ಮೊದಲು ಉಷ್ಣಾಂಶ .... t_1°C

ಸರಳಿನ ಕೊನೆಯ (ಆವಿಯ) ಉಷ್ಣಾಂಶ .... t_2°C

ಸನ್ನೆಯ ಮುಂದಿನ ಕಾಲಿಗೂ ಹಿಂದಿನ ಎರಡು ಕಾಲುಗಳಿಗೂ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಅಂತರ (0°C) } x cms.

ದರ್ಪಣಕ್ಕೂ ಸ್ಕೇಲಿಗೂ ಇರುವ ದೂರ .... D cms.

ದೂರದರ್ಶಕದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಸ್ಕೇಲ್ ವಿಭಾಗಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸ .... } s cms.

ಸರಳಿನ ನಿಜವಿಕಾಸ 'e' ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\text{ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕ } \alpha = \frac{e}{l_1 (t_2 - t_1)}$$

ಸರಳಿನ ವಿಕಾಸದಿಂದ ಸನ್ನೆಯ ದರ್ಪಣವು θ ಕೋಣದಷ್ಟು (Radians) ತಿರುಗಿದರೆ (Tilt)

$$\theta = \frac{e}{x} = \frac{s}{2D}$$

$$\therefore e = \frac{x\,s}{2D}$$



$$\therefore \alpha = \frac{x \cdot s}{2D \cdot l_1 (t_2 - t_1)}$$

2. ಹರಳುಗಳ ವಿಕಾಸ
(Expansion of Crystals)

ಹರಳುಗಳಿಗೂ ಮಿಕ್ಕ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಐಸೊಟ್ರಾಪಿಕ್ (Isotropic) ಜಾತಿಗೆ ಸೇರಿದುವು. ಅಂದರೆ, ಇವುಗಳ ವಿಕಾಸ ಮುಂತಾದ ಗುಣಗಳು ಎಲ್ಲಾ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದರೆ, ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ವಿಕಾಸಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ (Directions) ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಂದ ಆಗುವ ಗಾತ್ರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭದ ಕೆಲಸವಲ್ಲ. ಆದರೂ, ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರತಕ್ಕ ಮೂರು ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷಗಳನ್ನು (Principal Axes of Dilatation) ಗುರುತಿಸಿ, ಆ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಕತ್ತರಿಸಿ ಬರುವ ಹರಳಿನ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರಿದಾಗಲೂ, ಅದರ ಮುಖಗಳು (Faces) ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಮೂರು ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಆಗಿರುವ ಉದ್ದದ ವಿಕಾಸ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಮಾತ್ರ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ—ಈ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಪ್ರಧಾನ ಗುಣಾಂಕಗಳೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

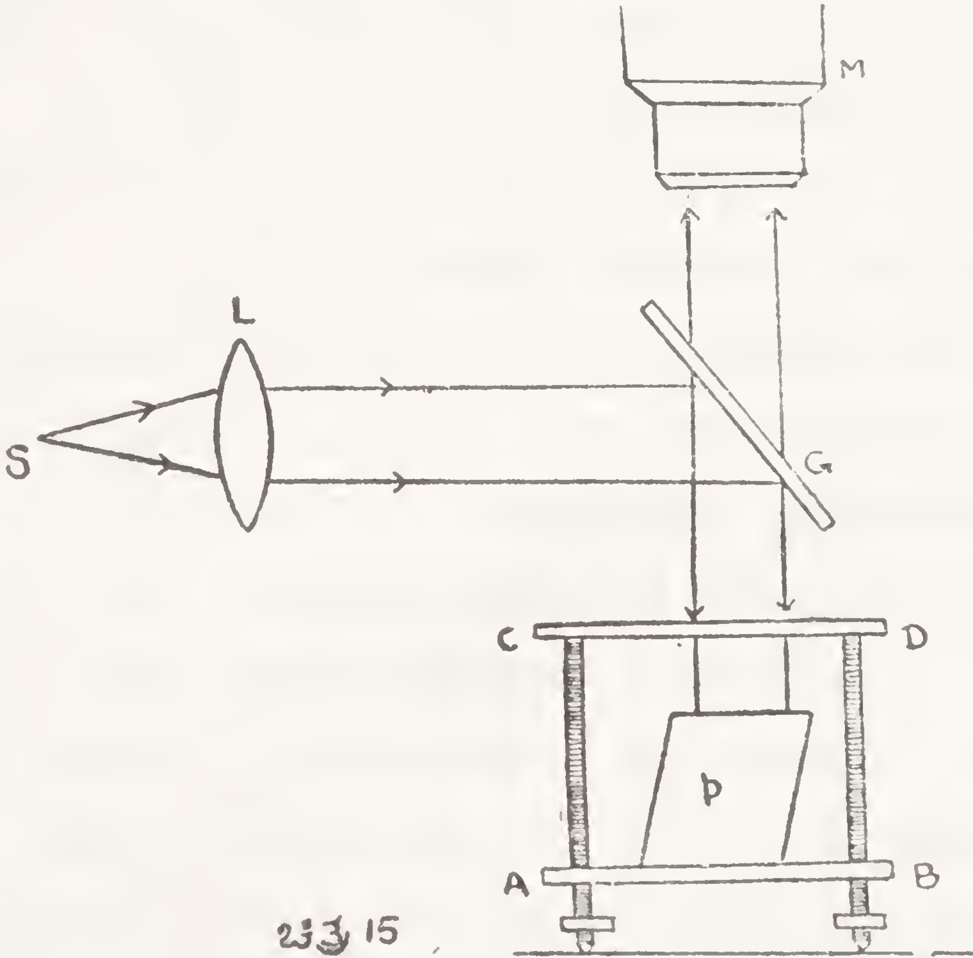
ನಾವು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಹರಳಿನ ಉದ್ದಪ್ರಮಾಣಗಳು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಮೂರು ನೇರಗಳಲ್ಲಿ, l_1, l_2, l_3, ಇದ್ದು ಆ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಗುಣಾಂಕಗಳು α_1, α_2, α_3 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು $0°C$ ನಿಂದ $t°c$ ಗೆ ಏರಿದಾಗ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು V_o ಇಂದ V_t ಗೆ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಆಗ,

$$\begin{aligned} V_t &= l_1 (1+\alpha_1 t) \times l_2 (1+\alpha_2 t) \times l_3 (1+\alpha_3 t) \\ &= l_1 l_2 l_3 [1+(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)t] \\ &= V_o (1 + \gamma t) \end{aligned}$$

ಗಾತ್ರವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕ $\gamma=\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3$.

ಏಕಾಕ್ಷ ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ ಸಮವಿತಿ (Symmetry) ಯ ಒಂದು ಅಕ್ಷವಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಸಮತಲದಲ್ಲಿ ಭೌತಗುಣಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಇಂಥ ಹರಳುಗಳಿಗೆ ಎರಡು ಗುಣಾಂಕಗಳು ಮಾತ್ರ ಇರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತೆ ಕೆಲವು ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ (Iceland Spar) ಒಂದು ಪ್ರಧಾನ ಅಕ್ಷದ ನೇರದಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕವು (—) ಋಣಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಕಾಸ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸುಮಾರು 10^{-5} ಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಾವು ವಿಶೇಷ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ದ್ಯುತಿನಿರೋಧ (Interference of Light) ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ಫಿಜೋ



ಚಿತ್ರ 15

ಹರಳುಗಳ ವಿಧಾನ (Fizeau's Method)

(Fizeau) ಪ್ರಯೋಗದ ತತ್ತ್ವ. ಇದರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

P ಎಂಬುದು ನಮ್ಮ ಪರೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಹರಳಿನ ವಸ್ತು

(Specimen). ಇದರ ಮುಖಗಳು ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದ್ದು ಸುಮಾರು 1 ರಿಂದ 10 mm. ವರೆಗೆ ದಪ್ಪನಾಗಿರಬಹುದು. AB ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಮತಲ ಲೋಹದ ತಟ್ಟೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಮೂರು ತಿರುಪು (Screws) ಗಳ ಮೇಲೆ ನಿಂತಿದೆ. ಸ್ಕ್ರೂಗಳ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ CD ಎಂಬ ಚಪ್ಪಟೆಯಾದ (ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬೆಳಕು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟದ್ದಾಗಿರಬೇಕು—(Optically smooth and flat) ಗಾಜಿನ ತಟ್ಟೆ ಇರುತ್ತದೆ. P ಯು AB ಮತ್ತು CD ಗಳ ನಡುವೆ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟು, ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗಕ್ಕೂ CD ಯ ತಳಭಾಗಕ್ಕೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ದಪ್ಪದ ಅತಿ ತೆಳುವಾದ ಗಾಳಿಯ ಪದರ (Very thin air film) ವಿರುವಂತೆ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡಿರಬೇಕು. S ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸೋಡಿಯಂ ಹಬೆಯ ದೀಪ (Monochromatic source of light) ವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ ಇದನ್ನು L ಎಂಬ ಮಸೂರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿದರೆ ಸಮಾನಾಂತರ ಕಿರಣ ಪಂಕ್ತಿ (Parallel Beam) ಯು ಹೊರಬಿದ್ದು 45° ಓರಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುವ G ಎಂಬ ಗಾಜಿನ ತಟ್ಟೆಯಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗಿ, CD ಮತ್ತು P ಗೆ ಮಧ್ಯವಿರುವ ವಾಯುವಿನ ತೆಳುವಾದ ಪದರಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಬೀಳುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿಯೇ, ದ್ಯುತಿನಿರೋಧ (Interference) ಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಸಂಭವಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಇದರಿಂದ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ದ್ಯುತಿನಿರೋಧ ಗೆರೆಗಳನ್ನು (Interference Fringes) M ಎಂಬ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ (Microscope) ದಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಈಗ P ವಸ್ತುವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಿಂದ ವಿಕಾಸಹೊಂದಿದರೆ, ಅದರ ಮೇಲಿರುವ ವಾಯುವಿನ ಪದರದ ದಪ್ಪವು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ನಾವು ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕದಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸುತ್ತಿರುವ ಪ್ರಕಾಶ ಗೆರೆಗಳು (Fringes) ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುರ್ತಿನ ಮೂಲಕ ಎಷ್ಟು ಗೆರೆಗಳು ದೃಷ್ಟಿಪಥ (Field of View) ವನ್ನು ಹಾಯುತ್ತವೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡಬೇಕು. λ ಎಂಬುದು ಬೆಳಕಿನ ತರಂಗ ದೂರವಾಗಿದ್ದರೆ, ವಾಯುಪದರದ ದಪ್ಪವು $\lambda/2$ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದಿದರೆ, ಒಂದು ಗೆರೆಯ ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟ (Displacement) ಕ್ಕೆ

ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಗೆರೆಯ ಪಲ್ಲಟದ $\frac{1}{5}$ ಪ್ರಮಾಣ ವನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ $\frac{\lambda}{10}$ ಪ್ರಮಾಣದ ಅಂತರ ವನ್ನು ಅಳೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ $\lambda = 6 \times 10^{-5}$ cm. ಇದ್ದರೆ, ನಮಗೆ 6×10^{-6} cm. ಪ್ರಮಾಣದ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯ ವಿರುತ್ತದೆ.

ನಾವು ಪ್ರಯೋಗಮಾಡುವಾಗ, ಮೊದಲು, ಪರೀಕ್ಷಾವಸ್ತು (Specimen) ಇಲ್ಲದೆ ಇರುವಾಗ, ಕೇವಲ ಸ್ಕ್ರೂಗಳ ವಿಕಾಸದಿಂದ ಮಾತ್ರ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ವಸ್ತು ವನ್ನು ಇಟ್ಟಮೇಲೆ ನಮಗೆ ಬರುವ ವಿಕಾಸ ಪ್ರಮಾಣವು ವಸ್ತುವಿಗೂ ಸ್ಕ್ರೂಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವಿಕಾಸದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾತ್ರ ಗೊತ್ತಾದಂತಾಗು ವುದರಿಂದ, ಈ ಎರಡು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ, ವಸ್ತುವಿನ ವಿಕಾಸವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

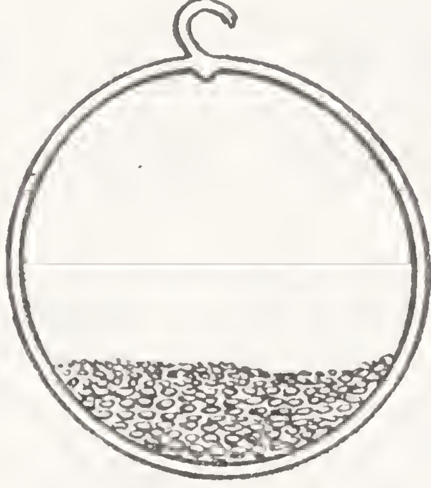
3. ದ್ರವಗಳ ವಿಕಾಸ

ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ದ್ರವಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಎರಡು ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಮೊದಲನೆಯದು ಸಾಪೇಕ್ಷವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕ. ಇದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನಾವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ.

Weighted Bulb (Mathiessen's method)

ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಆರ್ಕಿಮಿಡಿಸ್ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದು, ಇವುಗಳಿಗಿರುವ ಸಂಬಂಧಸೂಚಕ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ಒಂದು ಮುಜ್ಜುಕ (Sinker) ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಗಾಜು ಅಥವಾ ಸಿಲಿಕದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಬಲ್ಬಿನೊಳಗೆ ಪಾದರಸ ಅಥವಾ ಸೀಸದ ಗೋಲಿಗಳನ್ನು ಒಳಗಿಟ್ಟು ಮೇಲುಗಡೆ ಮೊಹರುಮಾಡಿ (Herme-

tically sealed) ಆ ತುದಿಯನ್ನು ಒಂದು ಕೊಕ್ಕಿಯಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಬಲ್ಬನ್ನು ಒಂದು ದಾರಕ್ಕೆ ಕಟ್ಟಿ ತ್ರಾಸಿನ ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ತೂಕ ಮಾಡಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಅದರ ಒಳಗೆ ಇರುವ ವಸ್ತುವು (ಸೀಸ) ಭಾರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನೀರು ಅಥವಾ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ತ ಮಜ್ಜನ ವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿ ತೂಗಲು ಸಾಧ್ಯ ವಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 16
ವೈಟೆಡ್ ಬಲ್ಬ
(Weighted Bulb)

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಬಲ್ಬನ್ನು (ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ) ತ್ರಾಸಿನ ಒಂದು ಕಡೆಯಲ್ಲಿ ನೇತುಹಾಕಿ ಅದರ ತೂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ನಂತರ ಆ ಬಲ್ಬಿನ ಕೆಳಗೆ ಒಂದು ದ್ರವ ಅಥವಾ ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆ (Beaker) ಯನ್ನು ತಂದಿಟ್ಟರೆ ಬಲ್ಬ್ ಪೂರ್ತದ್ರವದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವಾಗ, ದ್ರವವು ಅದನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತುವಂತೆ(Buoyancy) ಬಾಯನ್ಸಿಯನ್ನುಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ, ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕವು ಕಡಮೆಯಾಗಿ ಇದನ್ನು ಸಮತೂಗಿಸಲು, ತ್ರಾಸಿನ ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆ ಕಡಿಮೆ ತೂಕದ ಬೊಟ್ಟುಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತೂಕದ ನಷ್ಟವು ಬಲ್ಬಿನಿಂದ ಪಲ್ಲಟಗೊಳಿಸಲ್ಪಟ್ಟ (Displaced) ದ್ರವದ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆ ಯನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದರೆ, ಬಲ್ಬಿನ ಗಾತ್ರವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಅದರಿಂದ ಪಲ್ಲಟವಾದ ದ್ರವದ ಗಾತ್ರವೂ ಅದ ರೊಂದಿಗೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗು ತ್ತದೆ. ಇವೆರಡರ ಫಲವಾಗಿ, ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕದ ನಷ್ಟ (Apparent loss of weight) ವ್ಯತ್ಯಾಸನಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಟ್ಟ ಗಳಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ದ್ರವದಿಂದ ಆವೃತವಾದ ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶ. ಹೀಗೆ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಸಮೀಕ್ಷೆ

(Observations) ಗಳಿಂದ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಬಗೆಯನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

W= ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ತೂಗಿದಾಗ ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕ.

$W_1 = t_1°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ದ್ರವದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿದ್ದಾಗ ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕ

$W_2 = t_2°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ತೂಗಲ್ಪಟ್ಟಾಗ, ತೂಕ—

V_1 ಮತ್ತು $V_2 = t_1°c$ ಮತ್ತು $t_2°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಬಲ್ಬಿನ ಗಾತ್ರದ (Volume) ಪ್ರಮಾಣಗಳು

ρ_1 ಮತ್ತು $\rho_2 = t_1°c$ ಮತ್ತು $t_2°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು.

r—ದ್ರವದ ನಿಜವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ.

β ದ್ರವದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ

g. ಬಲ್ಬಿನ ವಸ್ತುವಿನ ಗಾತ್ರವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ.

ಆರ್ಕಿಮಿಡಿಸ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ.

$(W-W_1)=V_1\rho_1=m_1=t_1°c$ ನಲ್ಲಿ ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕದ ನಷ್ಟ

$(W-W_2)=V_2\rho_2=m_2=t_2°c$ ನಲ್ಲಿ ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕದ ನಷ್ಟ

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{V_1\rho_1}{V_2\rho_2}$$

ಆದರೆ, $V_2=V_1 [1+g (t_2-t_1)]$

$$\rho_1=\rho_2 [1+r (t_2-t_1)]$$

$$\therefore \quad \frac{m_1}{m_2} = \frac{1+r (t_2-t_1)}{1+g (t_2-t_1)}$$

$$m_1+m_1 g (t_2-t_1)=m_2+m_2 r (t_2-t_1)$$

$$\therefore \quad m_2 r (t_2-t_1) =m_1-m_2+m_1 g (t_2-t_1)$$

$$\therefore \quad r = \frac{m_1-m_2}{m_2 (t_2-t_1)} + \frac{m_1 g}{m_2}$$

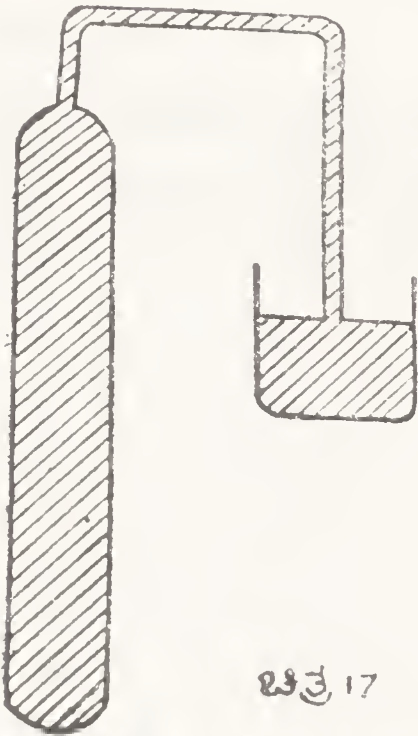
ಇಲ್ಲಿ m_1 ಮತ್ತು m_2 ಗಳಿಗೆ ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ $\frac{m_1}{m_2}$ g=g ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

$$\text{ಆದುದರಿಂದ } (r-g) = \frac{m_1-m_2}{m_2(t_2-t_1)} = \beta$$

$$\text{ಸಾಪೇಕ್ಷ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ } (\beta) = \frac{w_2-w_1}{(w-w_2)(t_2-t_1)}$$

ತೂಕ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ
[Weight Thermometer]

ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಸಾಧನವಿದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇದು ಗಾಜಿನ ಅಥವಾ ಸಿಲಿಕಾದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಬಲ್ಬಿನಂತಿದ್ದು ಒಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣದಾಗಿ ಎಳೆದು ಎರಡಾವರ್ತಿ ಲಂಬವಾಗಿ ಬಗ್ಗಿಸಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 17
ವೈಟ್ ಥರ್ಮಾಮೀಟರ್
(Weight Thermometer).

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಇದರ ತೂಕವನ್ನು (W) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ನಂತರ ಇದರ ತುಂಬ ದ್ರವವನ್ನು ತುಂಬಬೇಕು. ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗಲು ಇದನ್ನು ಒಂದು ಸ್ಟಾಂಡಿನಲ್ಲಿ ನೇತುಹಾಕಿ, ಅದರ ಕತ್ತಿನ ತುದಿಯನ್ನು ಬೇರೆ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವದ ಒಳಕ್ಕೆ ತೂರಿಸಬೇಕು. ತರುವಾಯ ಬಲ್ಬನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಉಷ್ಣಮಾಡಿ (heated) ಬಿಟ್ಟರೆ, ಅದರೊಳಗಿನ ಗಾಳಿಯು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿ ಹೊರಗೆ ಹೋಗಿ, ಅದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಲು, ಸ್ವಲ್ಪ ದ್ರವವು ಒಳಗೆ ನುಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಸ್ವಲ್ಪವಾಗಿ ಕಾಯಿಸುವುದು, ಬಿಡುವುದು—ಹೀಗೆ ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾಡುತ್ತಹೋದರೆ, ಬಲ್ಬಿನ ಪೂರ್ತಿದ್ರವವು ತುಂಬಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಂತರ ಇದನ್ನು ಆರಿಸಿ, ಹೊರಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಆವರಣ ದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲ ಇರಿಸಿ ಬಲ್ಬ್ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವದ ತೂಕ— ಇದನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಆಮೇಲೆ, ಈ ಬಲ್ಬನ್ನು ಮತ್ತೆ ನೇತು ಹಾಕಿ, ಕುದಿಯುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವಂತೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ ಇಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಒಳಗಿರುವ ಸ್ವಲ್ಪ ದ್ರವವು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿ ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡು ತ್ತದೆ. ಹೀಗಾದಮೇಲೆ ಮತ್ತೆ ಬಲ್ಬನ್ನು ಹೊರಕ್ಕೆ ತೆಗೆದು, ಆರಿಸಿ, ಹೊರಗೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ನೀರನ್ನೆಲ್ಲ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಒರಸಿ, ತಿರುಗಿ ತೂಗಬೇಕು. ಈ ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ, ದ್ರವದ ಸಾಪೇಕ್ಷ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಕಂಡಂತೆ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

W= ಬಲ್ಬಿನ ತೂಕ (ಉಷ್ಣಮಾಪಕ)

W_1= ಬಲ್ಬ್ + ಪೂರ್ತಿ ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ರವ (t_1°c) ಇದರ ತೂಕ

W_2= ಬಲ್ಬ್ + t_2°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಪೂರ್ತಿ ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ರವದ ತೂಕ.

ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಂತೆಯೇ ಇಲ್ಲಿಯು

$$(W_1-W)=m_1=V_1\rho_1$$ [V_1= ಬಲ್ಬಿನ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣ] (t_1°c)

$$(W_2-W)=m_2=V_2\rho_2$$

$$\frac{m_1}{m_2}=\frac{V_1\rho_1}{V_2\rho_2}=\frac{1+r(t_2-t_1)}{1+g(t_2-t_1)}$$

$$r=\frac{m_1-m_2}{m_2(t_2-t_1)}+\frac{m_1}{m_2}\cdot g.$$

ಅಥವಾ $$(r-g)=\beta=\frac{m_1-m_2}{m_2(t_2-t_1)}$$

$$=\frac{(w_1-w_2)}{(w_2-w)(t_2-t_1)}$$

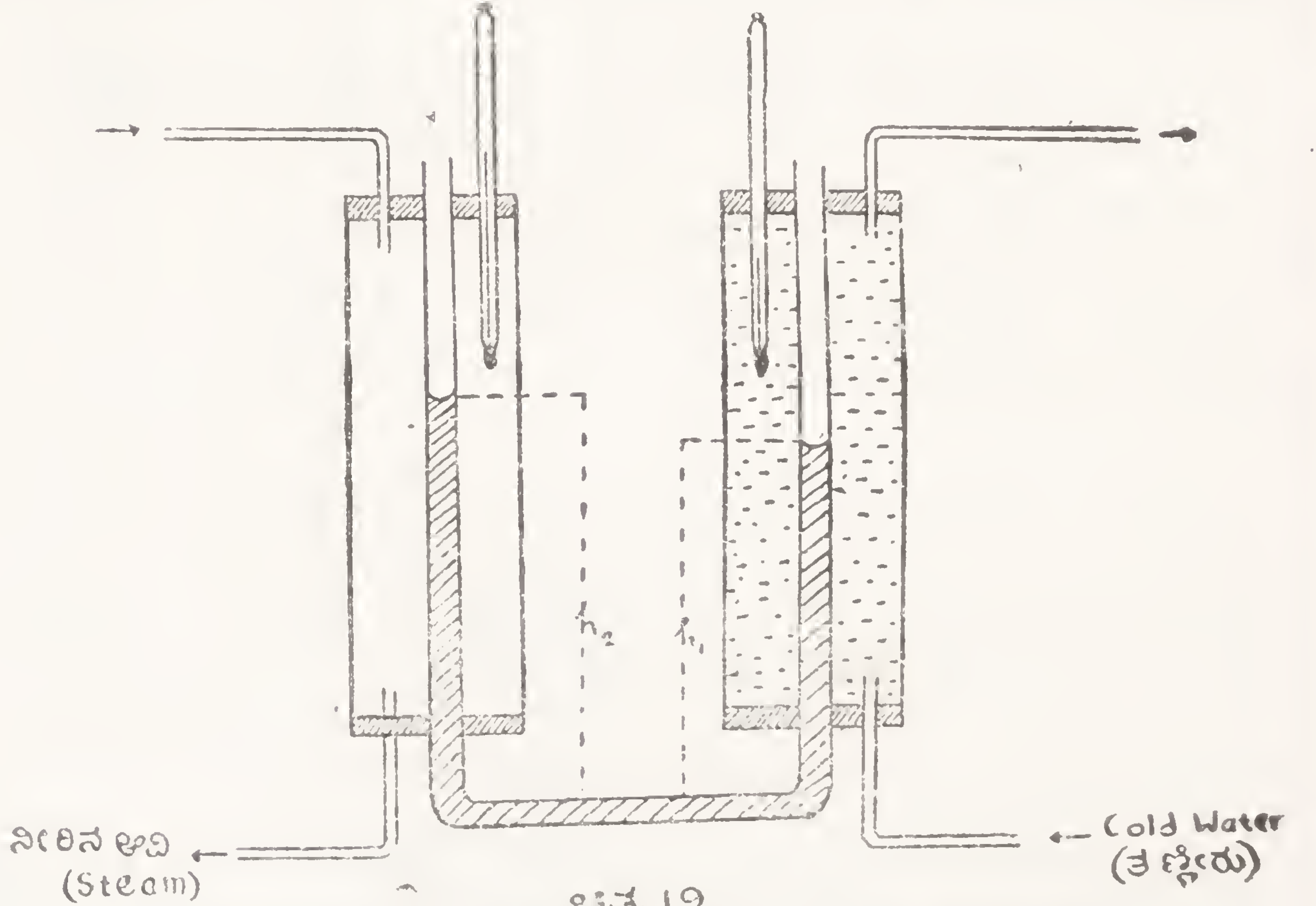
ಇಲ್ಲಿ $(w_1-w_2)=t_2$°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಹೊರದೂಡಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ರವದ ತೂಕ.

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ Weight thermometer ಬದಲು ಸಾಂದ್ರತಾ ಕೂಪಿ (Specific Gravity bottle) ಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಅಥವಾ ಪೈಕ್ನಾಮಿಾಟರನ್ನೂ (Pyknometer) ಸಹ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ದ್ರವದ ನಿಜ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ

ನೇರವಾಗಿ ಈ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕ್ರಿ.ಶ. 1817 ರಲ್ಲಿ ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್ ಮತ್ತು ಪೆಟಿಟ್ (Dulong and Petit) ಎಂಬುವರು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರು. ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ವೃದ್ಧಿಮಾಡಿ, ರೇಯ್ನೋ ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಕ್ರಿ.ಶ. 1847 ರಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಪರಿಷ್ಕರಿಸಿ, ಪಾದರಸದ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಒಂದು U ನಾಳಿಕೆಯ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ದ್ರವವು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ



ಚಿತ್ರ 19
ದ್ರವಗಳ ನಿಜ ವಿಕಾಸ (Balancing Columns).

ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ನಿಂತಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತೊಂದು ಅಗಲ

ವಾದ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಆವರಿಸಬೇಕು. ಒಂದು ಟ್ಯೂಬಿನ (Jacket) ಮೂಲಕ ನೀರಿನ ಆವಿ (Steam) ಯನ್ನು ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆ, ರೂಮಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರತಕ್ಕ ತಣ್ಣೀರನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸು ವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು—ಹೀಗೆಯೇ ಇದ್ದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ನಂತರ, U ಟ್ಯೂಬಿನ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳ ಒಳಗೆ ಇರುವ ದ್ರವದ ಭಾಗಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿದ್ದು, ಅವುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನೀರಿನ ಆವಿಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ದ್ರವದ ಮಟ್ಟವು ಏರುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ದ್ರವದ ಸ್ತಂಭಗಳ (Columns) ಉದ್ದಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವುದ ರಿಂದ, ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಕಂಡಂತೆ ಗೊತ್ತುಮಾಡ ಬಹುದು.

ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ-	$t_2°c$	ದ್ರವದ ಸ್ತಂಭದ ಉದ್ದ :	h_2
ತಣ್ಣೀರಿನ ,,	$t_1°c$	,,	h_1

ಈ ಎರಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು ρ_2 ಮತ್ತು ρ_1 ಆಗಿದ್ದರೆ,

ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಸಮತೂಗಿಸಿದರೆ,

$$P + h_1 \rho_1 g = P + h_2 \rho_2 g.$$

(P=ವಾಯುಮಂಡಲದ ಭಾರ)

$$\therefore\ h_1\rho_1 = h_2\rho_2$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\rho_1}{\rho_2} = 1 + r\,(t_2 - t_1)$$

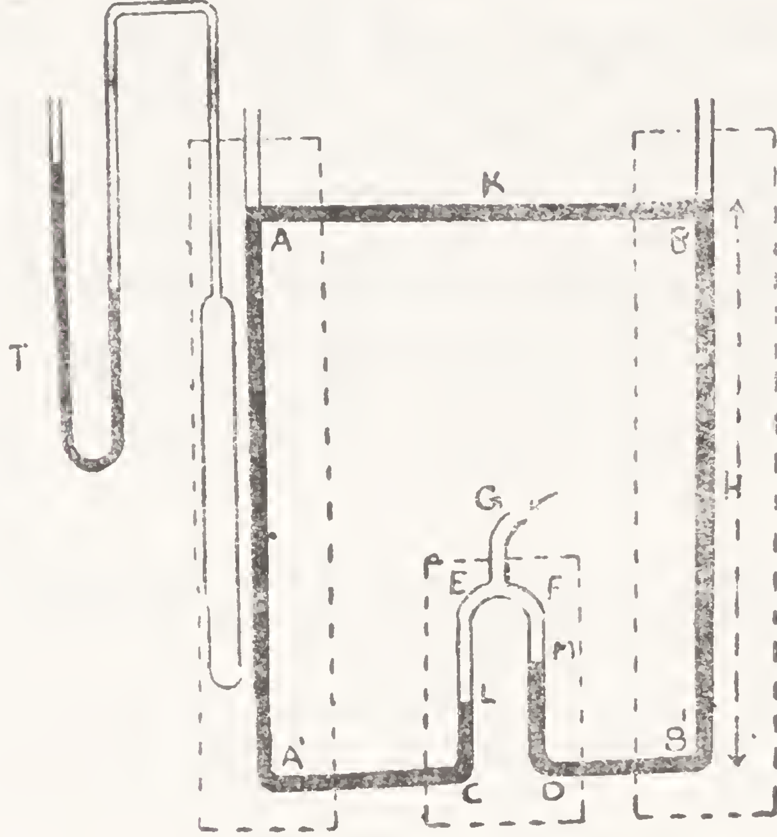
$$\therefore\ r = \frac{(h_2 - h_1)}{h_1\,(t_2 - t_1)}$$

h_1 ಮತ್ತು h_2 ಅಳೆಯಲು, ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್ ಮತ್ತು ಪೆಟಿಟ್ ಕ್ಯಾಥಟಾ ಮೀಟರ್ (Cathetometer) ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು.

ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಒಳಗೊಂಡ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ರೆಯ್ನೊ ಎಂಬ

(Regnault)ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಟಾದ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಮಾಡಿದನು. ಇದರ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

A ಮತ್ತು B ಎಂಬುವು ಎರಡು ಉದ್ದವಾದ, ಹಾಗೂ ಅಗಲವಾದ ನಾಳಿಕೆಗಳು. ಇವುಗಳ ಮೇಲ್ಭಾಗವನ್ನು ಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಅಡ್ಡ



ಚಿತ್ರ 20

ರೆಗ್ನೋ ಉಪಕರಣ (Regnault's apparatus)

ನಾಳಿಕೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ತಳಭಾಗಗಳಾದ A′ ಮತ್ತು B′ ಎಂಬ ತುದಿಗಳು ⊓ ಆಕೃತಿಯ CEFD ಎಂಬ ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಪಕ್ಕದ ನಾಳಿಕೆ G ಮೂಲಕ ಒಂದು ಒತ್ತಡ ಪಂಪಿಗೆ (Compression Pump) ಬಂಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಬಂಧಕನಾಳಿಕೆ AB ಯ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣರಂಧ್ರವಿದ್ದು ಹೊರಗಿನ ವಾಯುವಿನ ಒತ್ತಡದ ಸಂಪರ್ಕವಿರುತ್ತದೆ. ಎಡಭಾಗವಾದ AA′ ನಾಳಿಕೆಯು ನೀರಿನ ಆವಿಯು ಹಾಯ್ದುಹೋಗುವ ಹೊರನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿಯೂ ಬಲಭಾಗದ BB′ ನಾಳಿಕೆಯೂ ಮತ್ತು CEFD ನಾಳಿಕೆಯೂ ಕೂಡ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಿಂದ ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟ ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಎರಡು ಉದ್ದನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ. ಪಾದರಸವನ್ನು ತುಂಬಿಸಿದಾಗ, ಮೇಲ್ಭಾಗದ A B ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಕೆಳಭಾಗದ

ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದವರೆವಿಗೂ, ಪಾದರಸ ದ್ರವವು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಪಕ್ಕದ ನಾಳಿಕೆಯಾದ G ಮೂಲಕ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿರುವ ವಾಯುವನ್ನು ಒತ್ತುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಕೆಳಗಿನ ಸಣ್ಣ ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ K ರಂಧ್ರದ ಮಟ್ಟಕ್ಕೂ ಪಾದರಸವನ್ನು ನಿಲ್ಲುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಎಡಭಾಗದ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವವು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ(100°C) ದಲ್ಲಿಯೂ, ಮಿಕ್ಕ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳೆಲ್ಲವೂ O°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವಾಗ, ತಳಭಾಗದ CE, FD ನಾಳಿಕೆಯ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿ ನಿಂತಿರುವ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಕೆಳಗಿನ ಸಮತಲ A′B′ನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ನಾಲ್ಕು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ಪಾದರಸದ ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳೆದು ಅವುಗಳನ್ನು ಎಡಗಡೆಯಿಂದ ಕ್ರಮವಾಗಿ H_2, h_2, h_1, ಮತ್ತು H_1 ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸೋಣ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ H_2 ಮಾತ್ರ ನೀರಿನ ಆವಿಯ $t_2°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿ, ಮಿಕ್ಕ ಮೂರು ಉದ್ದದ ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭಗಳೂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ($t_1°c$) ದಲ್ಲಿ ಇದೆಯೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

A ಮತ್ತು B ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸವು ಹೊರಗಿನ ವಾಯುವಿನ ಒತ್ತಡ (P) ಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಕೆಳಗಿನ ಸಣ್ಣ ನಾಳಿಕೆಗಳ ಉಭಯ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ, L ಮತ್ತು M ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸಗಳು ಒತ್ತಡ ಪಂಪಿನ 'p' ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆ. $t_1°c$ ಮತ್ತು $t_2°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ρ_1 ಮತ್ತು ρ_2 ಆಗಿರಲಿ. γ ಎಂಬುದು ಪಾದರಸದ ನಿಜವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ,

ಎಡಗಡೆ, L ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವು 'p' ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

$$p = P + H_2 \rho_2 g - h_2 \rho_1 g$$

ಹಾಗೆಯೇ, M ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿಯೂ ಒತ್ತಡವು p ಇರುವುದರಿಂದ,

$$p = P + H_1 \rho_1 g - h_1 \rho_1 g.$$

$$\therefore \quad P + H_2\rho_2 g - h_2\rho_1 g = P + H_1\rho_1 g - h_1\rho_1 g$$

$$H_2\rho_2 = (H_1 + h_2 - h_1)\rho_1$$

$$\therefore \quad \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{H_2}{(H_1 - h_1 + h_2)}$$

ಆದರೆ $\dfrac{\rho_1}{\rho_2} = 1 + \gamma (t_2 - t_1)$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{\dfrac{\rho_1}{\rho_2} - 1}{t_2 - t_1}$$

$$\gamma = \frac{H_2 - H_1 + h_1 - h_2}{(H_1 - h_1 + h_2)(t_2 - t_1)}$$

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ H_1 ಮತ್ತು H_2 ಸಮನಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ ಆದ್ದರಿಂದ $H_2 = H_1 = H$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\gamma = \frac{h_1 - h_2}{(H - h_1 + h_2)(t_2 - t_1)}$$

ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, H, h_1 ಮತ್ತು h_2 ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದುದರಿಂದ ರೆಯ್ನೋ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪಾದರಸದ ನಿಜವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಖಚಿತವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಸಫಲನಾದನು. ಅವನು ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಬೆಲೆಯು $\gamma = 0{\cdot}000182$ ಇದ್ದಿತು.

ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಉಳಿಸಿಕೊಂಡು ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ಮತ್ತು ಮಾಸ್ (Callendar and Moss) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು 0°C ನಿಂದ 300°C ವರೆವಿಗೂ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿದರು.

ಅನಿಲದ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕಗಳು

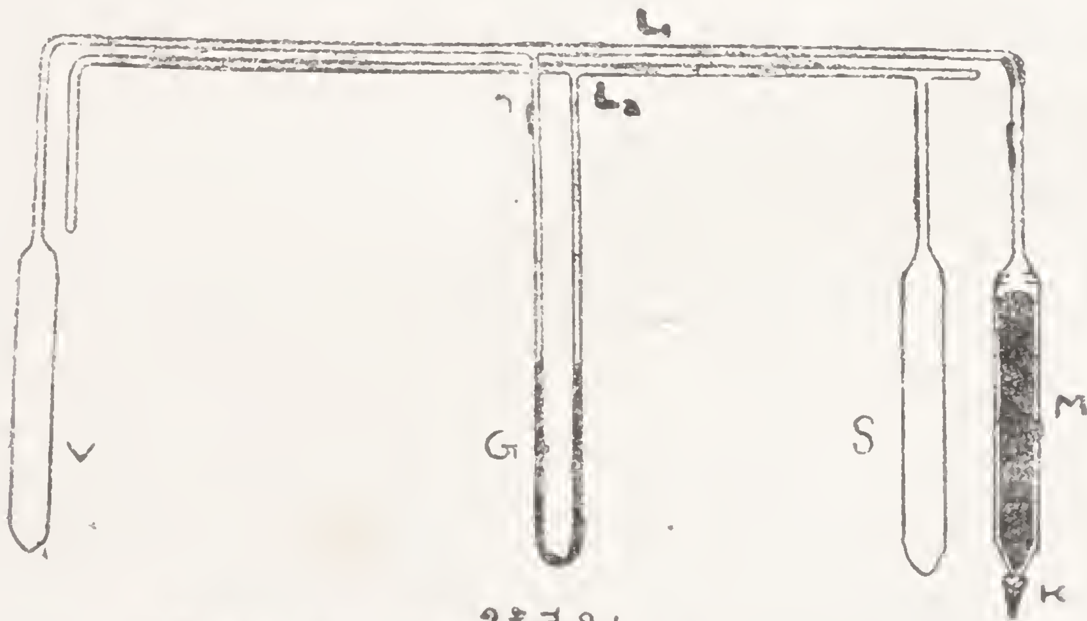
ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಎರಡು ವಿಕಾಸಗುಣಾಂಕಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ, ನಾವು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ

ವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಅಳೆದರೆ, ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕವು ಬರುತ್ತವೆ. (α_p) ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆ ಮಾಡಿ, ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಅಳೆದರೆ, ಆ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು (α_v) ಸೂಚಿಸ ಬಹುದು. ಮತ್ತು ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಈ ಎರಡು ಗುಣಾಂಕಗಳೂ ಸಮ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಯೆಂಬ ಅಂಶವನ್ನೂ ಕಂಡಿದ್ದೇವೆ.

$$\alpha_p = \alpha_v = \frac{1}{273} = 0{\cdot}00366.$$

ಇದನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿರುವ ವಿಷಯವನ್ನೂ ಕೂಡ ಪ್ರಸ್ತಾಪಮಾಡಿದ್ದೇವೆ. ಈ ಉಷ್ಣ ಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಿಗೂ ಆದರ್ಶವಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಂಡಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಎರಡು ಮಾದರಿಗಳನ್ನೂ ವಿವರಿಸುವುದು ಸೂಕ್ತ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಮೊದಲು, ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್‌ನ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. (Callendar's Compensated Constant Presure air thermometer.)



ಚಿತ್ರ, ೭।
ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ಕಾಂಪೆನ್ಸೇಟೆಡ್ ಥರ್ಮಾಮೀಟರ್
(Callendar's Compe[illegible] Thermometer)

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇದರ ಮುಖ್ಯಭಾಗಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತವೆ. V ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಿಲಿಕ ಬಲ್ಬು (Silica Bulb)

ಇದಕ್ಕೂ, ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ಇದೇ ತೆರನಾದ ಇನ್ನೊಂದು ಬಲ್ಬು M ಗೂ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವಂತೆ L_1 ಎಂಬ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ರೋಮ ನಾಳಿಕೆ (Capillary tube) ಇರುತ್ತದೆ. Mನ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಬಿರಡೆ (tap) K ಇದೆ. ಇದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಭಾಗ. Mನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅಳತೆ ಗೆರೆ (graduations) ಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಿಂದ ಒಳಗಡೆಯ ವಿವಿಧ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಭಾಗಕ್ಕೆ ಸರಿಯಾಗಿ ಸಮತೂಗಿಸುವಂತೆ (Compensating) ಮತ್ತೊಂದು ಭಾಗವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟ S ಎಂಬ ಬಲ್ಬು Mಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದು Vಗೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ Sನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ, L_1 ನಾಳಿಕೆಗೆ ಎಲ್ಲ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಾನವಾಗಿಯೂ, ಮತ್ತು ಅದರ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿಯೂ, L_2 ಎಂಬ ಇನ್ನೊಂದು ರೋಮನಾಳಿಕೆಯು ಇರುತ್ತದೆ. ಉಪಕರಣದ ಎರಡು ಭಾಗಗಳಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯುವಂತೆ ಸಹಾಯಕವಾಗಿ G ಎಂಬ ಒತ್ತಡಮಾಪಕ (Oil manometer)ವಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, V, M ಮತ್ತು S ಎಲ್ಲವನ್ನೂ ಕರಗುತ್ತಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಆವರಣದಲ್ಲಿಡಬೇಕು—ಮತ್ತು M ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪೂರ್ತಿ ಪಾದರಸವನ್ನು ತುಂಬಬೇಕು. ಹೀಗಿರುವಾಗ ಹೊರಗಿನ ವಾಯುವಿನೊಡನೆ ಸಂಪರ್ಕವಿರುವ ನಾಳಿಕೆಗಳ ತುದಿಗಳನ್ನು ಮುಚ್ಚಬೇಕು (Sealed) ಆಗ, ಎರಡೂ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಿಲ್ಲಿಯೂ ಒತ್ತಡ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನುಮೇಲೆ, ಒಳಗೆ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಎರಡು ಭಾಗದಲ್ಲಿಯೂ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ತೂಕ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು V, S ಇವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ $0^\circ C$ ನಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, L_1 ಮತ್ತು L_2 ನಾಳಿಕೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲಗಳು ಮಾತ್ರ ಹೊರಗಿನ ಆವರಣ (Room temperature) ದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹೀಗಿರುವಾಗ ಎರಡೂ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ತೂಕಗಳು m gms. ಆಗಿರಲಿ.

ಈಗ V ಸುತ್ತಲೂ ಇರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಆವರಣವನ್ನು ತೆಗೆದು ನಾವು ಯಾವ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕೆಂದಿದ್ದೇವೆಯೋ ಅದರಿಂದ ಆವೃತವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ನಿರುಪಾಧಿಕ ಮಾನದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು T_0°A ಮತ್ತು T°A ಆಗಿರಲಿ. M ಮತ್ತು S ಬಲ್ಬುಗಳನ್ನು ಮೊದಲಿನಂತೆಯೇ T_0°A ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, G ಒಳಗಿನ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವದ ತೈಲದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನೂ ಮತ್ತೆ ಸಮತೂಗಿಸಲು, M ನಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸವನ್ನು K ಎಂಬ ಬಿರಡೆಯ ಮೂಲಕ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ Mನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವನ್ನೂ 'v'C.C. ಯನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳತೆ ಗೆರೆಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

V ಮತ್ತು S ಬಲ್ಬುಗಳ ಗಾತ್ರ .... V_0 C·C·

L_1 ಮತ್ತು L_2 ನಾಳಿಕೆಗಳ .... v_1 C·C·

ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು t°A. ಹೀಗಿದ್ದರೆ,
ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು 'p' ಇಂದ ಸೂಚಿತವಾದರೆ,

$$p\left(\frac{V_0}{T}+\frac{v_1}{t}+\frac{v}{T_0}\right)=mR\cdot$$

(R ಎಂಬುದು ಅನಿಲದ ನಿಯತಾಂಕ-1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದು.)

ಹೀಗೆಯೇ ಸಮತೂಗಿಸುವ (Compensating side) S ಮತ್ತು L_2 ಭಾಗಕ್ಕೆ

$$p\left(\frac{v_1}{t}+\frac{V_0}{T_0}\right)=mR\cdot$$

$$\therefore\quad \frac{V_0}{T}+\frac{v_1}{t}+\frac{v}{T_0}=\frac{v_1}{t}+\frac{V_0}{T_0}$$

$$\therefore\quad T=\frac{V_0T_0}{(V_0-v)}$$

$T_o = 273°$ A ಮತ್ತು V ಯ ಹೊರ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $\theta_o°C$ ಆದರೆ, $T = (273 + \theta)$.

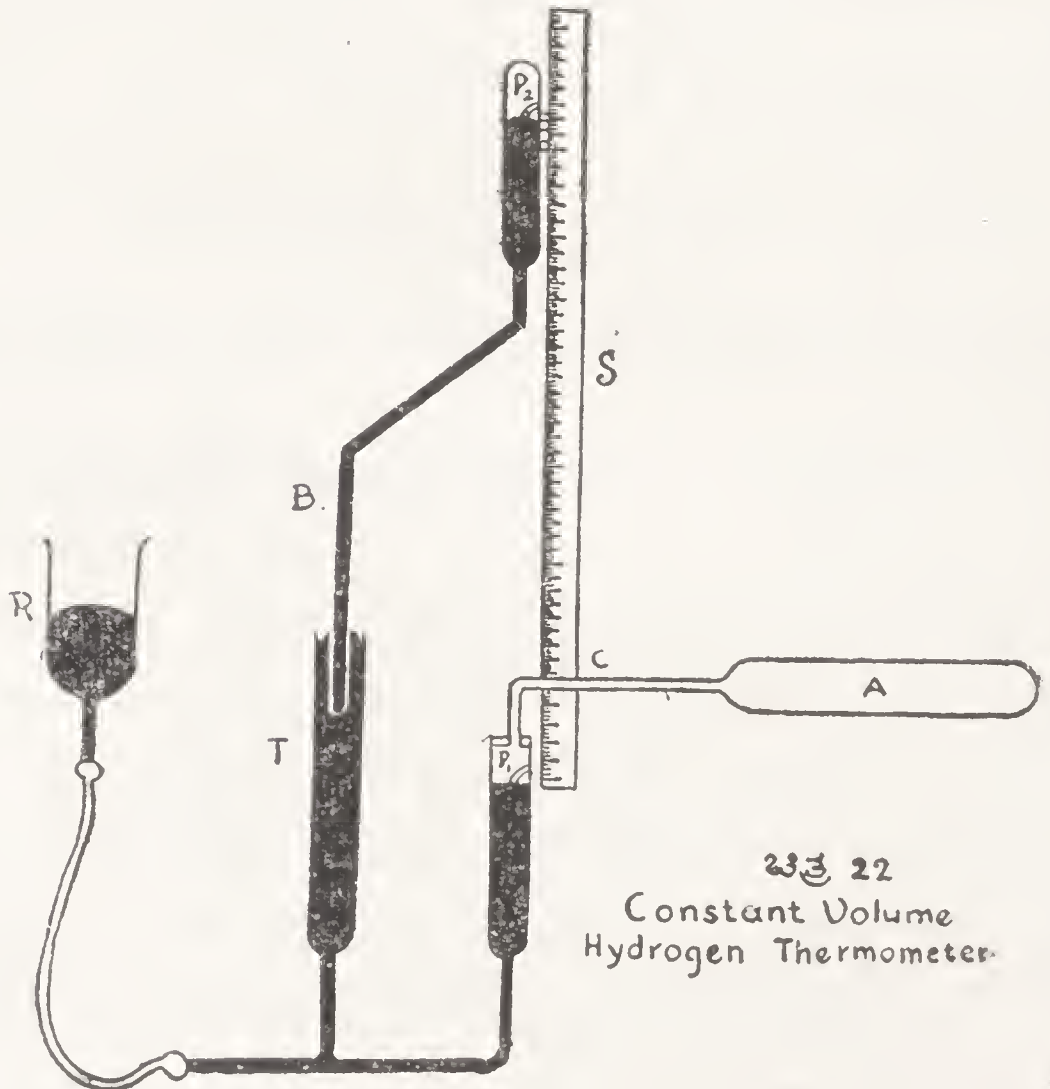
$$\therefore \quad 273 + \theta = \frac{273\ V_o}{V_o - V}$$

$$\text{ಅಥವಾ } \theta°C = \frac{V}{V_o - V} \times 273$$

ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಸುಮಾರು 600°C ವರೆವಿಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಬಹಳ ನಿಖರವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಿಯುತ ಗಾತ್ರದ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ
(Constant Volume Gas thermometer)

ಕ್ರಿ.ಶ. 1887ರಲ್ಲಿ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಸಮಿತಿಯ ನಿರ್ಧಾರದ ಪ್ರಕಾರ, ಜಲಜನಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ನಿಯುತ ಗಾತ್ರ ಉಷ್ಣ ಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸುವ ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್ ಮಾನದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸರ್ವ



ಚಿತ್ರ 22
Constant Volume
Hydrogen Thermometer

ಸಮ್ಮತವಾದ ಮಾನವನ್ನಾಗಿ ಅನುಮೋದಿಸಲಾಯಿತು. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ರಚನೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವ ಮಾದರಿಯು ಹಾರ್ಕರ್ ಮತ್ತು ಚಪ್ಪುಯಿ (Harker and Chappuis) ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಸಾಧನವನ್ನು ನಿರೂಪಿಸುತ್ತದೆ.

A ಎಂಬುದು ಸಿಲಿಕ ಅಥವಾ ಪ್ಲಾಟಿನಂ—ಇಂಡಿಯಂನಿಂದ ತಯಾರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ, ಸುಮಾರು 1600 C·C· ಗಾತ್ರದ ಬಲ್ಬು. ಇದನ್ನೂ u–ಟ್ಯೂಬ್ ಮಾದರಿಯ ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕ (Manometer) ವನ್ನು ಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ನಾಳಿಕೆ (Capillary) (C) ಯು ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕದ ಒಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ P ಎಂಬ ಒಂದು ದಂತದ ಸೂಚಿ (ivory index) ಇರುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವು ಯಾವಾಗಲೂ ಈ ಸೂಚಿಯನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಬಲ್ಬ್ ಮತ್ತು ಅದಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರುವ ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗೆ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿಯತವಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕದ ಮತ್ತೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವ T ಯನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ B ಎಂಬ ಒಂದು ವಾಯುಭಾರ ಮಾಪಕ (Barometer) ವು ಅಳವಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ, ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ನಾಳಿಕೆಯೂ ಅದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟ ಒಂದು ಬಲ್ಬೂ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಬಲ್ಬಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗವೂ, ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕದ P ಪಾರ್ಶ್ವವೂ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಒಂದರ ಕೆಳಗೊಂದು ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಸೇರಿದಂತೆ ಒಂದು ಸ್ಕೇಲ್ ಮತ್ತು ವರ್ನಿಯರ್ (S & V) ಉದ್ದಕ್ಕೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಎರಡು ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟಗಳ ನೇರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಉದ್ದವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

T ಗೆ ಎಡಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅದನ್ನು ಬಂಧಿಸುವಂತೆ ರಬ್ಬರ್‌ಟ್ಯೂಬಿನ ಮುಖಾಂತರ ಸಂಧಿಸುವ R ಎಂಬ ಪಾದರಸದ ಆಶ್ರಯವು (Reservoir of mercury) ಇರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ A ಬಲ್ಬ್‌ನಲ್ಲಿ ಅಡ

ಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಸಹಾಯವಾಗುವಂತೆ, P ದಂತಸೂಚಿಯು ಸ್ಕೇಲಿನ 0 ಗುರ್ತಿಗೆ ಸಮವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬರಾಮೀಟರ್ ಟ್ಯೂಬಿನ ಮೇಲ್ಭಾಗವು ಅನಿಲಶೂನ್ಯವಾಗಿದ್ದು (Vacuum) ಪಾದರಸದ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟವು ಸ್ಕೇಲಿನ ಯಾವ ವಿಭಾಗಕ್ಕೆ ಅಭಿಮುಖವಾಗಿರುತ್ತದೆಯೋ ಅದೇ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದು. ಬೇರೆ ಬರಾಮೀಟರಿನಿಂದ ವಾಯುಭಾರವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. $0^\circ C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕದ ಒತ್ತಡವು 100 cms ಇರುವಷ್ಟು ಮಾಡಲಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$500^\circ C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆವಿಗೆ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ಲಾಟಿನಂ, ಗಾಜು, ಪೋರ್ಸಿಲೈನ್ ಇವುಗಳೊಡನೆ ಜಲಜನಕ ಬೆರೆಯುವುದರಿಂದ, ಸಾರಜನಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು $1500^\circ C$ ವರೆವಿಗೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಬಹಳ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕಾದರೆ,—$200^\circ C$ ನಿಂದ ಕೆಳಗೆ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವು ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ,—$200^\circ C$ ನಿಂದ $500^\circ C$ ಗೆ ಇರುವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಬಹಳ ಸ್ವಚ್ಛವಾದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇದು ದೊರಕುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನೇ ಆರಿಸುತ್ತಾರೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಒತ್ತಡಗಳ ಅಳತೆಯ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ನಿರುಪಾಧಿಕ ಮಾನ (Absolute) ದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧರೇಖೆಯನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ ಮೊದಲೇ ಎಳೆದಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಿಂದ ನೇರವಾಗಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಓದಿ ತಿಳಿಸಬಹುದು.

p_1 ಮತ್ತು p_2 ಎಂಬುವು $T_1{}^\circ A$ ಮತ್ತು $T_2{}^\circ A$ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳಾದರೆ, $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$

ಇನ್ನೂ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ (Accurate) ತಿಳಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಬಲ್ಬಿನ ವಿಕಾಸಕ್ಕೂ

C ಸ್ಕಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು (Corrections) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಆದರ್ಶಮಾನಗಳಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲು ಸಹಕಾರಿಗಳೇ ಹೊರತು ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಸುಲಭವಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಇದುವರೆವಿಗೂ, ವಸ್ತುವಿನ ವಿಕಾಸಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಕೆಲವು ಮೂಲತತ್ತ್ವಗಳನ್ನೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೂ ತಿಳಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ ಇದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಉಪಯುಕ್ತತೆಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಬಹುದು.

1. ಲೋಲಕಗಳ ಆವರ್ತಕಾಲ (Period of pendulums)

ಸಾಮಾನ್ಯ ಲೋಲಕದ ಆವರ್ತಕಾಲವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅದರ ಉದ್ದ (length) ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಲೋಹದ ಭಾಗಗಳ ಉದ್ದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಬೇಸಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಾಗ, ಉದ್ದವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ, ಆವರ್ತ ಕಾಲವೂ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಇಂಥ ಲೋಲಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಗಡಿಯಾರವು ದಿನೇ ದಿನೇ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದು (slow). ಹಾಗೆಯೇ ಚಳಿಗಾಲದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದಾಗ, ಅದೇ ಗಡಿಯಾರವು ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋಗುವ ಸಂಭವವಿರುವುದು. ಸದಾ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದೇ ಕಾಲವನ್ನು ನಿಯತವಾಗಿ ತೋರಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕಾದರೆ, ಗಡಿಯಾರದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಲೋಹದ ಕಾಂಡ (Rod)ವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಳಿತಗಳಿಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದಂಥ ವಸ್ತುವಿನದಾಗಿರಬೇಕು. ಸ್ಟೀಲ್‌ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಇನ್‌ವಾರ್ (Invar) ಎಂಬ ಮಿಶ್ರಲೋಹವು ಈ ಗುಣವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ 64% ಕಬ್ಬಿಣವೂ, 36% ನಿಕ್ಕಲ್ ಲೋಹವೂ ಕೂಡಿರುತ್ತವೆ. ಇದರ ವಿಕಾಸ ಗುಣಾಂಕ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು. ಅಂದರೆ 10^{-6} ಇರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇದನ್ನೇ

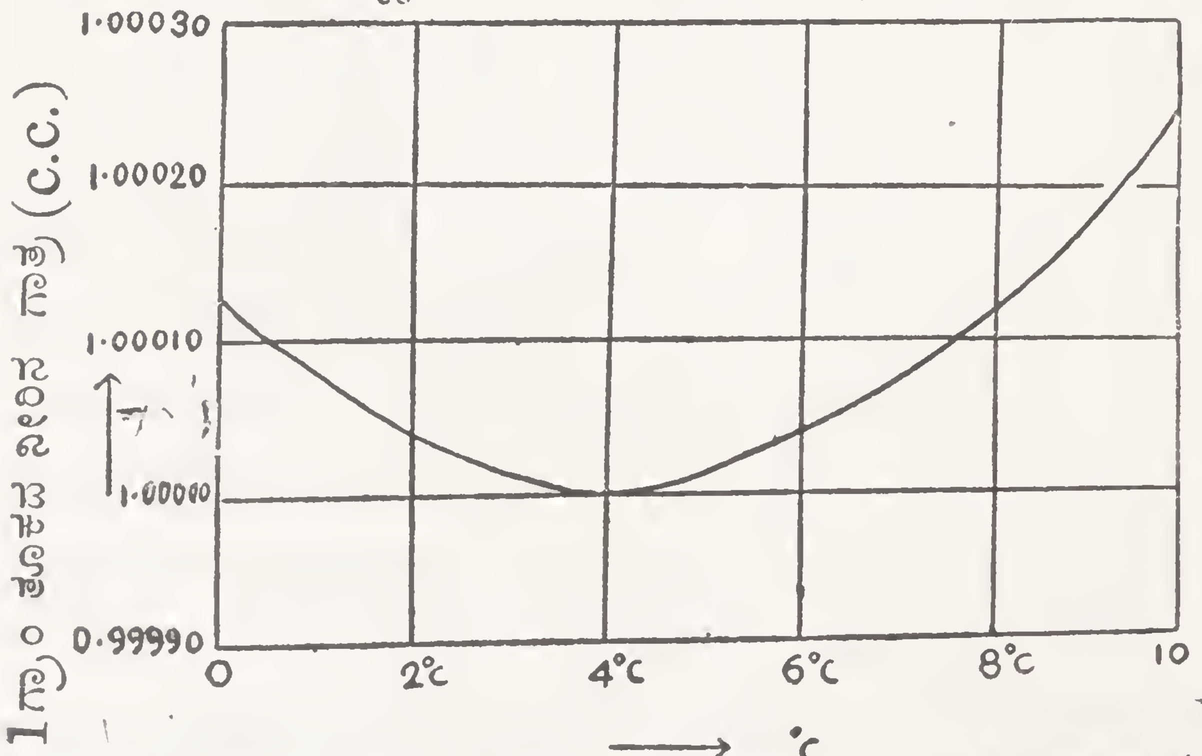
ಆದರ್ಶವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಗಡಿಯಾರಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಆವರ್ತಕಾಲವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗದಂತೆ ಮಾಡಲು ಬೇರೆ ವಿಧಾನಗಳೂ ಇವೆ. ಹಿತ್ತಾಳೆ ಮತ್ತು ಸ್ಟೀಲ್ ಈ ಎರಡು ಲೋಹಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿ, ಒಂದು ಸಂಮಿಶ್ರ (Compound) ಲೋಹದ ತುಂಡುಗಳನ್ನೂ ಜೋಡಿಸಿ ದೊಡ್ಡ ಮತ್ತು ಸಣ್ಣ ಗಡಿಯಾರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

2. ನೀರಿನ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆ

(Anomalous expansion of water)

ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ 0°C ನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ನಮಗೆ ಗೋಚರವಾಗುವುದು ಏನೆಂದರೆ, ಆ ನೀರಿನ ಗಾತ್ರವು 4°C ವರೆವಿಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತ ಹೋಗುವುದು. ಅಂದರೆ, 4°C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಕ್ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. (ಚಿತ್ರ 23) ಅಂದರೆ, ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯು 4°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ (Maximum density at 4°C) –0°C ನಿಂದ 4°C ವರೆಗೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದರೆ, ಸಾಂದ್ರತೆಯು 0.9999 ನಿಂದ



ಚಿತ್ರ 23. ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (Maximum Density of Water)

1·0000 ವರೆಗೆ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ 1gm ತೂಕದ ನೀರಿನ ಗಾತ್ರವು (ಚಿತ್ರ 23) 1.0001c.c. ಇಂದ 1.0000c.c.ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದೇ ನೀರಿನ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಿಲ್ವರ್ ಅಯೋಡೈಡ್ (Silver iodide) ಕೂಡ ಸುಮಾರು 142°C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಹತ್ತಿರ ತೋರಿಸುವುದಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

ಈ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆಯಿಂದ ನೀರು ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ದ್ರವವಾಗಿ ಉಪಯೋಗ ಮಾಡಲು ಅರ್ಹತೆಯನ್ನು ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, ಇದೇ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆಯ ದೆಸೆಯಿಂದ ಹಲವಾರು ಜಲಚರ ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಗೆ ಜೀವಿಸಲು ಅನುಕೂಲವಾಗಿದೆ. ಏಕೆಂದರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಸರೋವರ ಅಥವಾ ದೊಡ್ಡ ಜಲಾಶಯದ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 0°Cಗೆ ಇಳಿದು ಅದು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿದರೂ ಕೂಡ, ತಳದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಸಾಂದ್ರತೆ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 4°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಅಲ್ಲಿರುವ ಜಲಚರ ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಗೆ ಯಾವ ತೊಂದರೆಯೂ ಉಂಟಾಗುವಹಾಗಿಲ್ಲ.

(3) ವಸ್ತುಗಳ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿಯತವಾಗಿರುವಂತೆ ನಿಯಂತ್ರಣಮಾಡುವ ಸಾಧನಗಳು (Thermostat or thermo regulator) ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿವೆ. ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ತಾಂತ್ರಿಕ ವ್ಯವಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಈ ವಿಧವಾದ ಸಾಧನೆಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು. ಒಂದು ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಏರಿಳಿತಗಳು ಉಂಟಾಗದಂತೆ ಮಾಡುವುದೇ ಈ ಉಪಕರಣಗಳ ಮುಖ್ಯ ಉದ್ದೇಶವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಮೂರು ವಿಧವಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. (i) *100*°C ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೆ ಟೂಲೀನ್ (toulene) ದ್ರವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ವಿಧಾನ. (ii) 100°C–300°C ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಹಿತ್ತಾಳೆ ಮತ್ತು ಇನ್ವಾರ್ ಸ್ಟೀಲ್ (Brass and Invar steel) ಈ ಎರಡು ಲೋಹಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿರುವ ಒಂದು ಸಂಮಿಶ್ರ ಲೋಹದ ತುಂಡನ್ನು

(Compound strip) ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. (iii) 300°C ನಿಂದ 1000°C ಮತ್ತು ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳವರೆಗೆ—ವಾಯು (Air) ವಿನ ವಿಕಾಸವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿ, ನಿಯಂತ್ರಣ ಸಾಧನೆಗಳನ್ನೂ ಫರ್ನೇಸ್– (ಕುಲುಮೆ) (Furnaces) ಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆ ಇದೆ.

(4) ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸ ಅಥವಾ ಒತ್ತಡದ ವಿಕಾಸ—ಇವುಗಳನ್ನೇ ಮೂಲ ಆಧಾರವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅನಿಲ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿರುವ ವಿಷಯವನ್ನು ಸವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿಚಾರಮಾಡಿದ್ದೇವೆ.

ಶಾಖದ ಅಳತೆ

(Calorimetry)

ಉಷ್ಣಾಂಶ (Temperature) ದ ವಿಚಾರವನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡು ವಾಗ ಅದಕ್ಕೂ ಶಾಖ (Heat) ಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯನ್ನು ಕಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಳತೆಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಈ ಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಈಗ ಶಾಖ ಮತ್ತು ಅದರ ಅಳತೆಯ ವಿಚಾರ ವನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕಾಗಿದೆ. ಈ ಅಧ್ಯಾಯಕ್ಕೆ ಕ್ಯಾಲರಿಮೆಟ್ರಿ (Calori-metry) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.

ಶಾಖ ಅಥವಾ ಉಷ್ಣ ಎಂಬುದು ಅಳತೆಗೆ ಒಳಗಾಗಬಹುದಾದ ಒಂದು ವಸ್ತು ಎಂಬುದನ್ನು ಮೊದಲು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಸ್ಪರ್ಶಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಬೆಚ್ಚಗಿರುವುದು ಅಥವಾ ತಣ್ಣಗಿರುವುದು ಎಂಬ ಸ್ಪರ್ಶಾನುಭವಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂಬ ಅಂಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಇದರ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೂ ನಮ್ಮ ಅನುಭವಗಳಿಗೂ ಸರಿ ಹೊಂದಿಸುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂಬುದು ಶಾಖದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದಾಗಿಯೂ, ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಶಾಖವಿನಿಮಯ ಉಂಟಾಗುವುದಾಗಿಯೂ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ವಸ್ತುವಿನಿಂದ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವ ವಸ್ತು ವಿಗೆ ' ಶಾಖ 'ವು ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಈ ' ಶಾಖ ' ಎಂಬುದರ ಸ್ವರೂಪವೇನು ಮತ್ತು ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಗುತ್ತದೆಯೇ ಎಂಬುದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು. ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಲು ಒಂದು ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಬಹುದು.

A, B ಮತ್ತು C ಎಂಬ ಮೂರು ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಳ್ಳೋಣ. A ಪಾತ್ರೆಯು ಖಾಲಿಯಾಗಿಯೂ, B ನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ತಣ್ಣೀರೂ C ನಲ್ಲಿ ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೆಚ್ಚು ತಣ್ಣೀರೂ ಇರಲಿ. ಬೇರೆ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆ ಯಲ್ಲಿ ಬಿಸಿ ನೀರನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಈ ಬಿಸಿ ನೀರನ್ನು ಮೂರು ಸಮ

ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, ಒಂದೊಂದು ಭಾಗವನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ A, B, C ಪಾತ್ರೆಗಳಿಗೆ ಹುಯ್ದರೆ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವೇನೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. A ನಲ್ಲಿನ ನೀರು ಬಿಸಿಯಾಗಿಯೂ, B ನಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಉಗುರು ಬೆಚ್ಚಗೂ, C ನಲ್ಲಿರುವ ನೀರು ಸುಮಾರಾಗಿ ತಣ್ಣಗಿರುವಂತೆಯೇ ತೋರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಬಿಸಿನೀರು ಮತ್ತು ತಣ್ಣೀರನ್ನಾಗಲಿ, ಅಥವಾ, ಬಿಸಿ ಮತ್ತು ತಣ್ಣಗಿರುವ ಎರಡು ಪದಾರ್ಥಗಳನ್ನಾಗಲಿ, ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ಈ ಮಿಶ್ರಣದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು, ಬಿಸಿ ಮತ್ತು ತಣ್ಣಗಿರುವುದು ಇವುಗಳೆರಡರ ನಡುವೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಬಿಸಿ ವಸ್ತುವು ಎಷ್ಟು ಶಾಖವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡಿದೆಯೋ ಅಷ್ಟೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಾಖವನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ವಸ್ತುವು ಲಾಭಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. 18ನೇ ಶತಮಾನದ ದಾರ್ಶನಿಕರು ಶಾಖಕ್ಕೆ ದ್ರವ ರೂಪವನ್ನು ಅನ್ವಯಿಸಿ ಅದನ್ನು ಕ್ಯಾಲರಿಕ್ (Caloric) ಎಂದು ಕರೆದರು. ಈ ದ್ರವತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಲಿಲ್ಲ. ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ, ಶಾಖವಹನಕ್ಕೆ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯವೆಂಬ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲಾಯಿತು. ಇಂಥ ಶಕ್ತಿಯ ವಿನಿಮಯದಲ್ಲಿ ಶಾಖದ ನಿಯತತ್ವದ (Conservation of Heat) ನಿಯಮವನ್ನೂ ಅನ್ವಯಿಸಲಾಯಿತು.

ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳುಳ್ಳ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ, ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವಾದರೆ, ಈ 'ಶಾಖ'ದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಒಂದು ಮಾನದಂಡ (Measure or unit) ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹಿಂದೆ ತಿಳಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಮಗೆ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, m. gms. ತೂಕದ ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು t_1°C ನಿಂದ t_2°C ಗೆ ಏರಿಸಲು, ಅದಕ್ಕೆ ಕೊಡಬೇಕಾದ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು Q ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$Q \propto m\,(t_2 - t_1)$$

ಅಥವಾ $$Q = K \cdot m\,(t_2 - t_1)$$

K ಎಂಬುದು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ

ಪ್ರಕಾರ, t_1°C ನಲ್ಲಿರುವ m_1 gms. ತೂಕದ ನೀರನ್ನೂ, t_2°c ನಲ್ಲಿರುವ m_2 gms. ನೀರನ್ನೂ ಸೇರಿಸಿ, ಈ ಮಿಶ್ರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು t_3°c ಆದರೆ,

ಬಿಸಿ ನೀರಿನ ಶಾಖದ ನಷ್ಟ $= Q = m_2 K (t_2 - t_3)$

ತಣ್ಣೀರಿನ ಶಾಖದ ಲಾಭ $= Q^1 = m_1 K (t_3 - t_1)$

ಇವೆರಡೂ ಸಮನಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$Q = Q^1 m_1 (t_3 - t_1) = m_2 (t_2 - t_3)$$

m_1 ಮತ್ತು m_2 ಸಮನಾಗಿದ್ದರೆ, $(t_3 - t_1) = (t_2 - t_3)$

ಅಥವಾ $\dfrac{t_1 + t_2}{2} = t_3$

ಇದು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಾಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

$Q = Km \cdot (t_2 - t_1)$ ಎಂಬ ಸಮೀಕರಣವು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಇದರಲ್ಲಿ $(t_2 - t_1) = 1°C$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$Q = Km\cdot$ ಎಂದೂ,

$m = 1$ gm. ಆದರೆ, $Q = K$ ಆಗುತ್ತದೆ.

Km. ಎಂಬುದು m. gms. ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖ ಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. (Capacity for heat) K ಎಂಬ ನಿಯತಾಂಕವು ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಒಂದೇ ತೂಕದ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಶಾಖ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳು ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು 1 gm. ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಶಾಖ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು 'K' ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ 'K' ಎಂಬುದನ್ನು 1 gm. ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಅಥವಾ, 1 gm. ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು 1°C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಲು, ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ. ಇದಕ್ಕೆ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವೆಂದು (Specific heat) ಎಂದು ಹೆಸರು—ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವೆಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು.

ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸುವುದೂ ವಾಡಿಕೆಯಲ್ಲಿದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ,

$$\text{ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ} = \frac{\text{m ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು } 1^{\circ}C \text{ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ}}{\text{m ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು ಅದೇ } 1^{\circ}C \text{ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ}}$$

ಶಾಖಪ್ರಮಾಣದ ಮಾನ

(Unit quantity of heat)

ಒಂದು ಮಾನ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು 1 ಡಿಗ್ರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೂಲಕ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಒಂದು " ಶಾಖದ ಮಾನ " ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ತೂಕದ ಮಾನವು ಯಾವುದು, ಮತ್ತು ಡಿಗ್ರಿಯ ಮಾನವಾವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವಂತೆ ಮೇಲಿನ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ಮಾನದಂಡಗಳು ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ. C.G.S. ಪದ್ಧತಿಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ತೂಕದ ಮಾನ = 1 gm. ಡಿಗ್ರಿಯ ಮಾನ=$1^{\circ}C$. ಇದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಶಾಖಮಾನವು ' ಕ್ಯಾಲರಿ ' (Calorie) ಎಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

1 ಕ್ಯಾಲರಿ = 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು $1^{\circ}C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೂಲಕ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ. ಈ $1^{\circ}C$ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಯಾವ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು ಎಂಬುವುದರಲ್ಲಿ ಭಿನ್ನಾಭಿಪ್ರಾಯವಿದೆ. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, $0^{\circ}C$–$1^{\circ}C$; $15^{\circ}C$–$16^{\circ}C$, $20^{\circ}C$–$21^{\circ}C$; ಈ ಮೂರು ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅಂತರವು $1^{\circ}C$ ಆಗಿದ್ದರೂ, 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು ಆ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಮನಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ.

ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ $15^{\circ}C$ ಕ್ಯಾಲರಿ—1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು $14{\cdot}5^{\circ}C$ ರಿಂದ $15{\cdot}5^{\circ}C$ ಗೆ (ಸರಾಸರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ =$15^{\circ}C$) ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ—ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಮ್ಮತವಿದೆ. 1lb ತೂಕದ ನೀರನ್ನು $1^{\circ}F$ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಏರಿಕೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ *1 B·Th·u* ಎಂದು ಹೆಸರು.

1 B.ThU = $453.6 \times \frac{5}{9}$ = *252* ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು 1 ಪೌಂಡ್ ತೂಕದ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು $1°C$ ಮೂಲಕ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಮಾನವು 1 Centigrade Heat Unit (C.H.U) ಆಗುವುದು.

1 C.H.U = *453 6* ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು.

ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ ಈ ಕೆಳಗಿನ ಮಾನಗಳೂ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ.

1 therm = 100,000 B.T.h.U

1 large calorie = 1000 calories.

ನೀರನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳೂ ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು ಈ ಕೆಳಗಿನ ವಿವರಣೆಯು ಸಹಕಾರಿಯಾಗುವುದು.

$\theta°$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ m ಪ್ರಮಾಣದ ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು $d\theta°$ ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅಂತರದ ಮೂಲಕ ಏರಿಸಿದರೆ, ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಶಾಖಪ್ರಮಾಣವು d Q ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\text{ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ} = s = \frac{1}{m} \cdot \frac{dQ}{d\theta}$$

ಈ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ಯಾವ ಮಾನಪದ್ಧತಿಗಾದರೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.

ಸಮಾನ ಜಲತೂಕ

(Water-equivalant)

ಶಾಖವನ್ನು ಅಳೆಯುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸರ್ವೇಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು ಒಂದು ಆಧಾರ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು ಬೇರೆ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಇದರೊಡನೆ ಬೆರಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಶಾಖವನ್ನು ಅಳೆಯುವಾಗ, ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಶಾಖದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರ ಜೊತೆಗೆ ಆಧಾರಪಾತ್ರೆಯ ಶಾಖ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಲೆಕ್ಕದಲ್ಲಿ, ಶಾಖದ ವಿನಿಮಯದಲ್ಲಿ ಆ ಪಾತ್ರೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಎಷ್ಟು ತೂಕದ ನೀರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದರೆ ಶಾಖವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುವುದು ಎಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಸಲು

ವಸ್ತುವಿನ ಸಮಾನ ತೂಕದ ನೀರಿನ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತೇವೆ.

ಪಾತ್ರೆಯ ತೂಕವು m gm ಆಗಿದ್ದು ಅದರ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ 'S' ಇದ್ದರೆ, ಇದನ್ನು θ°c ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೂಲಕ ಏರಿಸಲೂ $ms\theta$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ $ms\ \theta$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳನ್ನು ನೀರಿಗೆ ಕೊಟ್ಟರೆ, θ°cಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರಿಸಲು w gm ಬೇಕಾದರೆ.

$$w.\theta = ms\ \theta$$

ಅಥವಾ $w = ms$

w ಎಂಬುದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಸಮಾನ ಜಲ ತೂಕ (Water equivalent) ಅನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಶಾಖ ವಿನಿಮಯದಲ್ಲಿ s ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದ m ಗ್ರಾಂ ವಸ್ತುವೂ *ms* ಗ್ರಾಂ ನೀರೂ ಸಮವೆಂದು ಅರ್ಥ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಬಹಳ ಸರಳತೆಯನ್ನು ಕೊಡುತ್ತದೆ. ಈ ಪಾತ್ರೆಗೆ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮೀಟರ್ (Calori meter) ಎಂಬ ಹೆಸರೂ ಕೂಡ ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿ ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿಗೆ ಶಾಖವನ್ನು ಕೊಟ್ಟಾಗ, ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆಯೆಂಬುದು ಸಾಮಾನ್ಯ ನಿಯಮ. ಇದು ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಇರುವಾಗ ಮಾತ್ರ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನಾವು ಕೊಟ್ಟ ಶಾಖವು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರುವಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪರಿಣಮಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬದಲಾಯಿಸದೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಹಾಗಾದರೆ, ನಾವು ಕೊಡುವ ಶಾಖವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಎಂದು ಕೇಳಿದರೆ, ಆ ಶಾಖದಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಘನದಿಂದ ದ್ರವಕ್ಕಾಗಲಿ ದ್ರವದಿಂದ ಆವಿಯ ರೂಪಕ್ಕಾಗಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಶಾಖವು ವಸ್ತುಸ್ಥಿತಿ ಪರಿವರ್ತನೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಗುಪ್ತವಾಗಿರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೆಂಬ ಪದವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತೇವೆ.

ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣಗಳಿರುವುವು. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಕರಗಿಸಲು, ಅದರ

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನಿಯತವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ದ್ರವ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೆಂದು ಹೆಸರು. ಹೀಗೆಯೇ, ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ವಸ್ತುವನ್ನು, ಅದರ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿನ (Boiling Point) ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಬಾಷ್ಪ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೆಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.

ಈಗ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನು 0°c (ಕರಗುವ ಬಿಂದು) ನಲ್ಲಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದಕ್ಕೆ 80 ಕ್ಯಾಲರಿಗಳ ಶಾಖವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದು ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲಿ (0°c) ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ನೀರಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತ ವಾಗುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ 100°c ಉಷ್ಣಾಂಶ (ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು) ದಲ್ಲಿರುವ 1 ಗ್ರಾಂ ನೀರನ್ನು, ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದೆ ಆವಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಸುಮಾರು 540 ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ತಿಳಿಸಲು ನಾವು

ನೀರಿನ ದ್ರವ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ = 80 ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು
ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಬಾಷ್ಪ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ = 540 ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು

ಎಂದು ಹೇಳುತ್ತೇವೆ.

ಈಗ ಶಾಖ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಅಳತೆಯನ್ನು ಮಾಡಿ, ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ, ಗುಪ್ತೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹಲವಾರು ವಿಧಾನಗಳು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

(1) ಉಷ್ಣಮಾಪಕೀಯ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮೆಟ್ರಿ.
(Thermo-metric Calori metry).

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವೇ ಪ್ರಧಾನವಾಗಿರುವುದು.

(2) ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮೆಟ್ರಿ
(Latent Heat Calorimetry).

ಈ ಗುಂಪಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಘನದಿಂದ ದ್ರವಕ್ಕಾಗಲಿ, ದ್ರವದಿಂದ ಬಾಷ್ಪಕ್ಕಾಗಲಿ ಪರಿವರ್ತನೆ

ಹೊಂದುವುದೇ ಮುಖ್ಯ ಅಂಗ-ಉಷ್ಣಮಾಪಕದ ಉಪಯೋಗವಿದ್ದರೂ, ಅಷ್ಟು ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಎರಡು ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಡಕವಾಗಿರುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಈಗ ವಿಚಾರ ಮಾಡಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಮಾಪಕೀಯ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮೆಟ್ರಿ (Thermometric Calorimetry): ಇದರಲ್ಲಿ ಐದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗ ಭೇದಗಳನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು.

(1) **ಮಿಶ್ರಣಗಳ ವಿಧಾನ (Method of Mixtures):** ರೇಯ್ನೋ (Regnault) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಬಹಳ ಮೇಲ್ಮಟ್ಟದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದ್ದಾನೆ.

(2) **ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಾಖ ಒದಗಿಸುವಿಕೆ** (Method of Constant heat supply).

(3) **ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಧಾನಗಳು** (The Electrical Method) : ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯ ಮೂಲಕಶಾಖವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿ ಅದನ್ನು ಅಳೆಯುವ ವಿಧಾನಗಳು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾದುವು

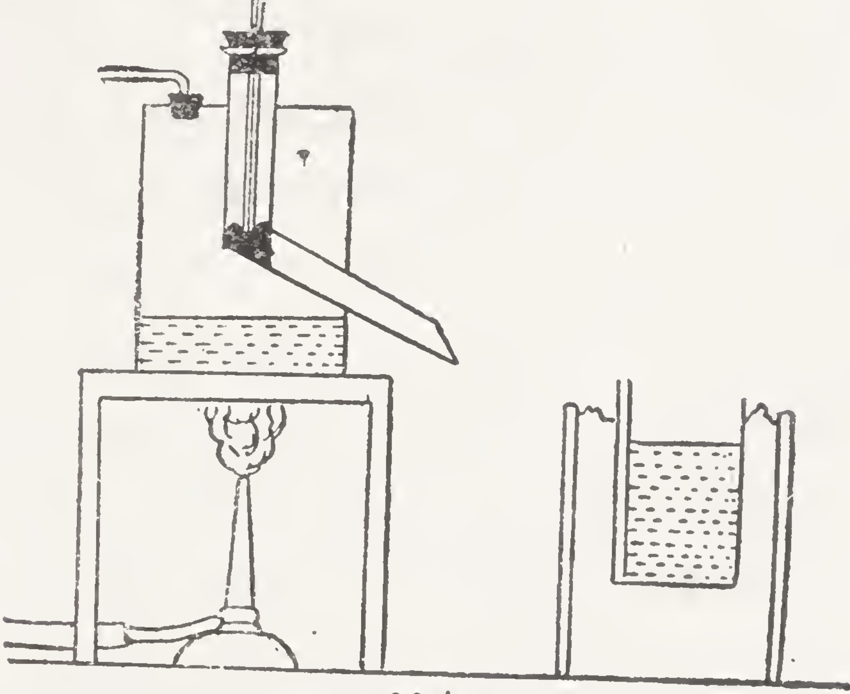
(4) **ಅವಿರತ ಪ್ರವಾಹದ ವಿಧಾನ (Method of Continuous flow)** : ಇದೂ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

(5) **ಶಾಖನಷ್ಟದ ವಿಧಾನ (Method of Cooling):** ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ದ್ರವಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

1 ಮಿಶ್ರಣ ವಿಧಾನ (Method of Mixtures)

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗ ಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು (ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವ ವಸ್ತುಗಳ) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, ರೆಯ್ನೊ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು

(Regnault) ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ 24 ರಲ್ಲಿ ರೂಪಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳಿವೆ—ಒಂದು ತಾಪಕ (heater) ಮತ್ತೊಂದು ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ—ತಾಪಕದ ಮುಖ್ಯ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ,



ಚಿತ್ರ 24
ರೆಯ್ನೊ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮೀಟರ್
(Regnault's calorimeter)

ಅದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನಿಲ ಭವನ (air chamber) ಇದೆ. ಒಂದೇ ಅಕ್ಷವುಳ್ಳ (coaxial) ಸಿಲಿಂಡರುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಈ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನೀರಿನ ಆವಿಯು ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಲು ಒಂದು ಕಾರ್ಕೂ (Cork) ತಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಜಾರುವ ಹಲಗೆ (Sliding trap-door) ಯೂ ಇರುತ್ತವೆ. ನೀರಿನ ಆವಿಯಲ್ಲಿ ನೇತುಹಾಕಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಘನವಸ್ತುವನ್ನು, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಹಲಗೆಯನ್ನು ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿದರೆ ಉಂಟಾಗುವ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ, ಅಡಿಯಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕವು ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ಪಾತ್ರೆ. ಇದರ ಹೊರಗಡೆ ನಿಕ್ಕಲ್‌ಪ್ಲೇಟ್ ಮಾಡಿ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪಾಲಿಷ್ ಮಾಡಿರುತ್ತೆ. ಇದರ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ, ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದ ಶಾಖವು ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ವಿಕೀರ್ಣ (radiate) ವಾಗುವುದನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ತಡೆಯುವುದೇ ಆಗಿದೆ. ಉಷ್ಣವಹನ ಮತ್ತು ನಯನದ ಮೂಲಕ ಶಾಖದ ನಷ್ಟವನ್ನು ಆದಷ್ಟು

ಕಡಮೆ ಮಾಡಲು, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕವನ್ನು ಇನ್ನೊಂದು ದೊಡ್ಡ ತಾಮ್ರದ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು, ಇವೆರಡರ ನಡುವೆ ಶಾಖ ಅವಾಹಕವಾದ ಉಣ್ಣೆ ಅಥವಾ ಅರಳೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ತಾಪಕಕ್ಕೂ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕಕ್ಕೂ ನಡುವೆ ಶಾಖ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಲು, ಒಂದು ಮರದ ತಡೆ (Screen) ಯು ಇರುತ್ತದೆ. ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕಲಕುವ ಕಡ್ಡಿ (Stirrer) ಯೂ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವೂ ಇರುತ್ತವೆ.

ಇನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನ—ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿರುವ ವಸ್ತುವನ್ನು ತಾಪಕದಲ್ಲಿ ಒಂದು ದಾರದಿಂದ ನೇತುಹಾಕಿ, ಅದರ ಮೂಲಕ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಬೇಕು. ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕವನ್ನು ಅದರ ಕಲಕುವ ಕಡ್ಡಿಯೊಂದಿಗೆ ತೂಕ ಮಾಡಬೇಕು. ನಂತರ ಅದರಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು $\frac{1}{2}$ ಅಥವಾ $\frac{2}{3}$ ಭಾಗವನ್ನು ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಿ ಮತ್ತೆ ತೂಕ ಮಾಡಬೇಕು. ಕ್ಯಾಲರಿ ಮೀಟರನ್ನು ಅದರ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು, ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಳತೆ ಮಾಡಿಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಘನವಸ್ತುವು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತನ್ನ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಮೇಲೆ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. ನಂತರ, ಸ್ಕ್ರೀನ್ನನ್ನು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಎತ್ತಿ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕವನ್ನು ತಾಪಕದ ಕೆಳಗೆ ಬರುವಂತೆ ಪಕ್ಕಕ್ಕೆ ಸರಿಸಿ, ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಹಲಗೆಯನ್ನು ಎಳೆದು, ಘನವಸ್ತುವು ನೆಟ್ಟಗೆ, ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದೊಳಗೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಮತ್ತೆ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕವನ್ನು ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಾನಕ್ಕೆ ಎಳೆದು, ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಕಲಕುವ ಕಡ್ಡಿಯಿಂದ ಕಲಕಿ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ತೋರಿಸುವ ಅತ್ಯುಚ್ಚ (highest) ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಓದಬೇಕು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ (Observation), ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ತತ್ತ್ವವಿಷ್ಟೇ. ಎರಡು ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿರುವ ವಸ್ತುಗಳ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಶಾಖವಿನಿಮಯವಾಗುವಾಗ, ಒಟ್ಟು ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು

ನಿತ್ಯತೆಯನ್ನು (Conservation of heat) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಸ್ತುವು ನಷ್ಟ ಹೊಂದುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವೂ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಸ್ತುವು ಲಾಭ ಹೊಂದುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಆದರೆ, ನಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗಣನೀಯ ವಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ವಿಷಯವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ವಿವರವಾಗಿ ಕೆಳಗೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ನಡುವೆ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವಾಗುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿರುವ ಆವರಣಕ್ಕೂ ವಿಕೀರ್ಣತೆಯಿಂದ (Radiation) ಶಾಖ ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಉಷ್ಣವಹನ, ನಯನ ಮಾರ್ಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ಶಾಖವು ನಷ್ಟವಾಗುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಇವೆಲ್ಲವನ್ನೂ ನಾವು ನಮ್ಮ ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡು, ಶಾಖ ನಿತ್ಯತ್ವದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕ, ಕಲಕುವ ಕಡ್ಡಿ ಇವುಗಳ ಸಮಾನ ಜಲತೂಕ–w gm

ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿದ್ದ ನೀರಿನ ತೂಕ .... m gms.

ಇವುಗಳ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ .... t_1° c.

ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ .... M gms.

ಅದರ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ .... T° C.

ವಸ್ತುವನ್ನು ನೀರಿನೊಳಗೆ ಬೀಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದ ಮೇಲೆ ಅಳೆದ ಫಲಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Resultant temp) t_2°C.

ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ .... S.

ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖ ನಷ್ಟ = $MS\,(T-t_2)$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು.

ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಶಾಖ ಲಾಭ

= $(m + w)\,(t_2-t_1)$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು.

ಶಾಖ ನಿತ್ಯತ್ವದ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ

$$MS\,(T-t_2) = (m + w)\,(t_2-t_1)$$

$$\therefore \quad S = \frac{(m + w)\,(t_2-t_1)}{M\,(T-t_1)}$$

ವಿಕೀರ್ಣತೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿ (Radiation Correction)

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಕಾರಣಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ, ನಾವು ಎಷ್ಟೇ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ, ವಿಕೀರ್ಣತೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಶಾಖದ ನಷ್ಟವು ನಡೆದೇ ನಡೆಯುವುದರಿಂದ, ನಾವು ಅಳೆಯುವ ಫಲಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು ಇರಬೇಕಾದುದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸರಿದೂಗಿಸಲು (Compensate) ಅಥವಾ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹಲವು ವಿಧಾನಗಳು ಇವೆ.

(1) **ರಂಫರ್ಡ್ (Rumford) ವಿಧಾನ**—ಸಮದೂಗಿಸುವಿಕೆ.

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ನೀರು—ಇವುಗಳ ಪೂರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಆವರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು. ಅಂದರೆ, ಆವರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ t_0 ಆಗಿದ್ದು, ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ t_1 ಇದ್ದರೆ,

$$t_0 > t_1 \text{ ಅಥವಾ } t_0 - t_1 = x$$

x ರ ಪ್ರಮಾಣ $5°c$ ಅಷ್ಟು ಇರಬಹುದು.

ನಂತರ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಸ್ತುವಿನ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಫಲಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶ t_2 ಇದ್ದರೆ

$$t_2 = t_0 + x \text{ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು.}$$

$$\text{ಅಂದರೆ, } \frac{t_1 + t_2}{2} = t_0.$$

ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಶಾಖ ವಿನಿಮಯ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ವಿಕೀರ್ಣದ ಮೂಲಕ ಒಟ್ಟು ಶಾಖದ ನಷ್ಟ ಏನೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು t_0 ಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವಾಗ ಆವರಣದಿಂದ ಅದಕ್ಕೆ ಶಾಖವು ಒದಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು t_0 ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಏರುವಾಗ ಶಾಖವು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತೆ. ಆದರೆ, $t_0 - t_1 = t_2 - t_0 = x$ ಇರುವುದರಿಂದ, ಮೊದಲಿನ ಸರಾಸರಿ ಲಾಭವೂ, ಎರಡನೆಯ ನಷ್ಟವೂ ಸುಮಾರಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆಯೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಈ ವಿಕೀರ್ಣತೆ ವಿಧಾನದಿಂದ ಒಟ್ಟು ಶಾಖದ ನಷ್ಟ ಏನೂ ಇಲ್ಲದಂತೆ ಆಗುತ್ತದೆ.

(2) ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧಾನವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅದು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣ ವಸ್ತುವಿಗೂ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕದ ನೀರಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕವಾದ ಕ್ಷಣದಿಂದ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ನಡೆಸಬೇಕು (Stop-watch started). ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವಾದ ಮೇಲೆ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಾಗ ಕಾಲವನ್ನು ನೋಡಬೇಕು. ಇದು a secs ಇರಬಹುದು. ನಂತರ, ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕವೂ, ಅದರಲ್ಲಿರುವ ನೀರು, ವಸ್ತು ಇವುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಆರಂಭಿಸುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆ ಇಳಿಯುವಾಗ a/2 secs ಆದ ಮೇಲೆ, ಮುಟ್ಟುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಓದಬೇಕು. ಈ a/2 sec ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಇಳಿತವಾಗಿರುವುದೋ ಅದನ್ನೇ ವಿಕೀರ್ಣತೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿಯೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಉದಾಹರಣೆ ಪೂರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ $= t_1°c = 25°c$;

4 ನಿಮಿಷಗಳನಂತರ, ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶ $= 30°c = t_2°c$ ಇದಾದ ನಂತರ 2 ನಿಮಿಷಗಳ ಅವಧಿಯಾದ ಮೇಲೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶ

$$= 29°C = t_3°C$$

ತಿದ್ದುಪಡಿ (Correction) $c = t_2 - t_3 = 1°C$.

ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಿದನಂತರ ಫಲಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶ

$$= t_2' = t_2 + C = (30° + 1°) = 31°C$$

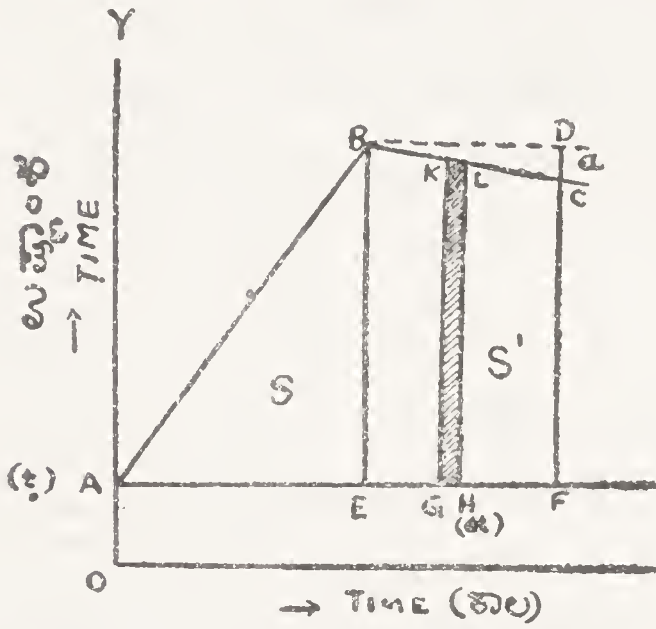
t_2 ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, t_2' ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

(3) ಬಾರ್ಟನ್ ವಿಧಾನ ಅಥವಾ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲವಿಧಾನ (Area Method)

ಹಿಂದಿನ ವಿಧಾನಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಯಥಾರ್ಥತೆ (accuracy) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಿಧಾನವಿದು—ನ್ಯೂಟನ್ನಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿತವಾದ ಶೀತಲೀಕರಣದ ನಿಯಮ (Law of Cooling) ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿಯೂ, ಉಷ್ಣವಸ್ತುವಿಗೂ, ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕಕ್ಕೂ ಸಂಪರ್ಕವಾದ ಕ್ಷಣವೇ ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ನಡೆಸಬೇಕು ; ಮತ್ತು

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತಿರುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, 1/2 ಅಥವಾ 1 ನಿಮಿಷದ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ ತೋರಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ, ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಾಗಲೂ ಕೂಡ, ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಹಲವು ನಿಮಿಷಗಳವರೆವಿಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತ ಇರಬೇಕು. ಈ ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ (Observation) ಒಂದು ರೇಖಾಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (graph) ಕಾಲ—ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಿ, ಒಂದು ವಕ್ರರೇಖೆ (Curve) ಯನ್ನು ಎಳೆಯಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. A ಎಂಬುದು ಆವರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ (t_0) ವನ್ನು ಗುರುತಿಸುತ್ತದೆ. AEF ಎಂಬುದು ಕಾಲ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ABC ಎಂಬುದೇ ಕಾಲ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವಕ್ರರೇಖೆ. B ಎಂಬುದು ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. B ಬಿಂದುವಿನಿಂದ BD ರೇಖೆಯು ಕಾಲ ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿದೆ. ಇಳಿತ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿ C ಬಿಂದುವನ್ನು ಗುರುತುಮಾಡಿ, BE ಮತ್ತು CF ರೇಖೆಗಳನ್ನು AFಗೆ ಲಂಬವಾಗಿ ಎಳೆಯಬಹುದು. FC ರೇಖೆಯನ್ನು ವಿಸ್ತರಿಸಿ, D ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 25. ವಿಕಿರಣತೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿ (Radiation Correction)

B ಬಿಂದುವಿನಿಂದ C ಬಿಂದುವಿಗೆ ಇಳಿಯುವಾಗ ಕಾಲದ ಅವಧಿ = EF ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತ = CD = a ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ.

GH ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಾಲದ ಅವಧಿ dt ಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು GK ಇಂದ LHಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ನಾವು ತೋರಿಸುತ್ತಿರುವ GK, LH, CF ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ಆವರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶ (t_0°) ಕ್ಕಿಂತ ಇರುವ ಏರಿಕೆ (excess) ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ.

ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ t ಇದ್ದು, ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ t_0 ಆಗಿದ್ದರೆ, ವಿಕೀರ್ಣತೆಯಿಂದ ನಷ್ಟ ವಾಗುವ ಶಾಖದ ದರ= $\frac{dq}{dt}$=

ಇದು. $(t-t_0)$ ಗೆ ಅನುಕ್ರಮಾನುಪಾತಿ (directly proportional) ಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ,

$$\frac{dq}{dt} \propto (t-t_0)$$

GH = dt ಅಂತರದಲ್ಲಿ, ಆಗುವ ಶಾಖದ ನಷ್ಟ dq ಇದ್ದರೆ,

$$(t-t_0) = 1\,GK.$$

$$\therefore \quad \frac{dq}{dt} \propto GK.$$

$$\therefore \quad dq \propto GK.\,dt' \text{ i-e, } dq \propto \text{area } GK\,LH$$

$$(GKLH = GK \cdot GH).$$

ಅಥವಾ, K = ನಿಯತಾಂಕವಿದ್ದರೆ

$$dq = K.\ \text{area } GKLH.$$

ಹೀಗೆಯೇ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, EF ಕಾಲಾಂತರದಲ್ಲಿ Q ಎಂಬುದು ಶಾಖ ನಷ್ಟವಾಗಿದ್ದರೆ,

$$dq = Kt\ \text{area } EBCF.$$

ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ ಮತ್ತು ಸಮಾವಿಷ್ಟ ವಸ್ತುಗಳ (Contents) ಉಷ್ಣಾಧಾರಿತ (thermal capacity) ವು c ಆಗಿದ್ದರೆ

$$Q = c.\ CD = c.a$$

$$\therefore \quad c.\ a = K.\ \text{area } EBCF.$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ AE ಕಾಲಾವಧಿಯಲ್ಲಿ Q′ ಎಂಬುದು ಶಾಖ ನಷ್ಟದ ಪ್ರಮಾಣವಾಗಿದ್ದು, ಇದರಿಂದ x ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನಷ್ಟವಾದರೆ.

$$Q' = c.x = c\ \text{area } ABE.$$

$$\therefore \quad \frac{c.a}{c.x} = \frac{K.\ \text{area EBCF}}{K.\ \text{area ABE}}$$

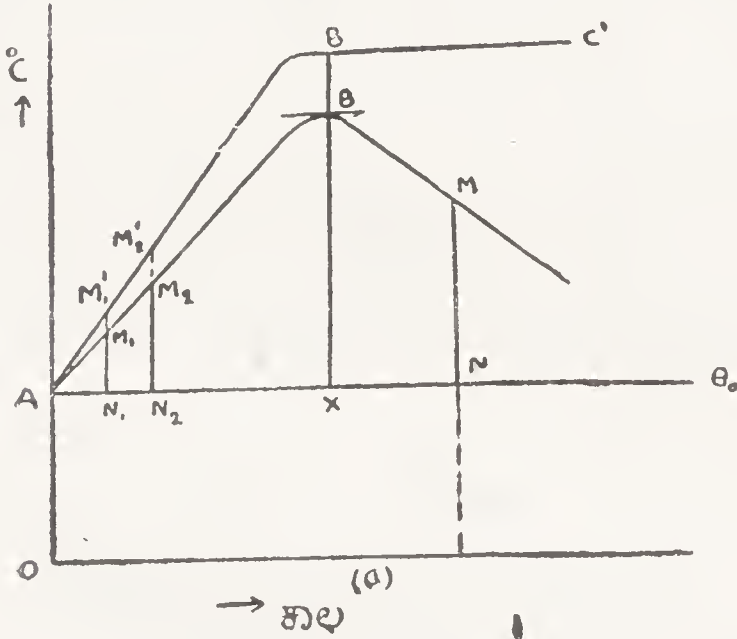
$$\therefore \quad x = a\,\frac{\text{area ABE}}{\text{area EBCF}}$$

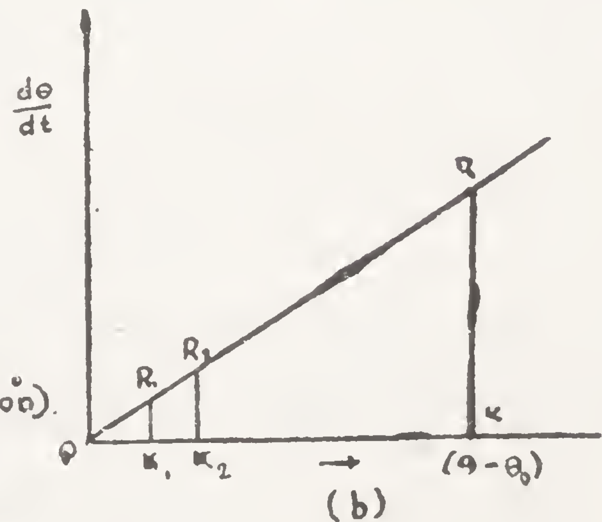
area ABC = S.
area EBCF = S′

ಇವುಗಳನ್ನು ರೇಖಾಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇವುಗಳು ತಿಳಿದನಂತರ ವಿಕೀರ್ಣತೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿ $x = a\,\frac{S}{S'}$

ಇದನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಫಲಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶ t_2°cಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ತಿದ್ದುಪಡಿ ಮಾಡಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $t_2' = t_2 + x$ ಆಗುತ್ತದೆ.

(4) ರೆಯ್ನೊ ವಿಧಾನ (Regnaults Method)





ಚಿತ್ರ 26

ವಿಕೀರ್ಣತೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿ.
(Radiation Correction).

ಹಿಂದೆ ತಿಳಿಸಿದ ವಿಧಾನಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಯಥಾರ್ಥತೆಯುಳ್ಳ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ರೆಯ್ನೊ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

ಹಿಂದಿನ ವಿಧಾನದಂತೆಯೇ, 1/2 ನಿಮಿಷ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಏರುತ್ತಿರುವಾಗಲೂ, ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಾಗಲೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದು, ಇವುಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ABC ಮಾದರಿಯ ರೇಖಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಎಳೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ವಕ್ರರೇಖೆಯಲ್ಲಿ ಇಳಿಯುವ BC ಭಾಗದಲ್ಲಿ M ಬಿಂದುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು MN ಲಂಬವನ್ನು θ_0 ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಬೇಕು. ಆ ಕಾಲದಲ್ಲಿ $MN = (\theta - \theta_0)$ ಇದ್ದು, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತಾಯದ ದರ $\frac{d\theta}{dt}$ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, M ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಪರ್ಶರೇಖೆ (tangent) ಯನ್ನು ಎಳೆದು ಆದರಿಂದ $\frac{d\theta}{dt}$ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಎರಡನೇ ರೇಖಾ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಎಳೆಯಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $(\theta - \theta_0)$ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ, ಇನ್ನೊಂದು ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿ $\frac{d\theta}{dt}$ = ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇಳಿತದ ದರವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬೇಕು. ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂಲಬಿಂದು O ಗೆ ಸರಿಯಾಗಿ, θ_0 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, $OK = \theta - \theta_0$ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ $(\theta - \theta_0)$ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ $\frac{d\theta}{dt}$ ಯ ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಮೊದಲನೇ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಅದರ ಪ್ರಮಾಣ KR ಎಂದು ಗುರುತಿಸಿದರೆ, R ಬಿಂದುವು ಬರುತ್ತದೆ. O ಮತ್ತು R ಎರಡನ್ನೂ ಸಂಧಿಸಿ, O R ಸರಳರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಇದು ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಚಿತ್ರಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ನಾವು ಸಂಶೋಧಿತ ವಕ್ರರೇಖೆ (ಚಿತ್ರ 26) (AB′C′) ಯನ್ನು ಎಳೆಯಬೇಕು. ಇದನ್ನು ರಚಿಸುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ :

ಚಿತ್ರ (*a*) ದಲ್ಲಿ ಕಾಲದ ಅಕ್ಷವನ್ನು N_1, N_2, N_3, ಎಂಬ ಹಲವಾರು ಬಿಂದುಗಳಿಂದ ಸಮಾನ ಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಭಾಗಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಒಂದೊಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿಯೂ, N_1M_1, N_2M_2,....ಲಂಬಗಳನ್ನು ಎಳೆದು ವಕ್ರರೇಖೆಯಲ್ಲಿ M_1 M_2,....ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬೇಕು.

ಎರಡನೇ ಚಿತ್ರ (b) ದಿಂದ, N_1, N_2....ಕಾಲಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ K_1, K_2....ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗುರುತುಮಾಡಿ, K_1 R_1, K_2 R_2....ಲಂಬಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದರೆ, M_1 ಬಿಂದುವಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ದರವು (rate of cooling) K_1 R_1 ಮತ್ತು M_2ಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ದರವು K_2 R_2 ಆಗುತ್ತದೆ.

M_1, M_2,....ಬಿಂದುಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಒಟ್ಟು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ನಷ್ಟವನ್ನು ರೂಢಿಸಿಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು ಸೇರಿಸಿದರೆ, M_1', M_2',....ಬಿಂದುಗಳು ಬರುತ್ತವೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಪುನಃ ರಚಿತವಾದ ವಕ್ರರೇಖೆಯು $AB'C'$ ಆಗಿರುತ್ತದೆ—ಯಥಾರ್ಥ (true) ಉಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶವು B ಗೆ ಬದಲಾಗಿ B' ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. BB' ಎಂಬುದೇ ವಿಕೀರ್ಣತೆಯ ತಿದ್ದುಪಡಿಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. $B'C'$ ಭಾಗವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕ್ಷಿತಿಸಮಾಂತರ (horizontal) ಆಗಿರುವುದು. ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ವಿಶದಪಡಿಸಬಹುದು.



ಕಾಲದ ಅಂತರ	θ (ಉಷ್ಣಾಂಶ)		ಸರಾಸರಿ	degper min $\frac{d\theta}{dt}$ (b) ಚಿತ್ರದಿಂದ	Cooling ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತ	Correction ತಿದ್ದುಪಡಿ (ಒಟ್ಟು)	Corrected temp ಸಂಶೋಧಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶ
	ಪೂರ್ವ	ಉತ್ತರ					
0—$\frac{1}{2}$ ನಿಮಿಷ	14.0	17.5	15.7	0.10	0.05	0.05	15.75
$\frac{1}{2}$ ನಿ—1 ನಿಮಿಷ	17.5	20.8	19.1	0.30	0.15	0.20	19.30
1—1$\frac{1}{2}$,,	20.8	22.0	21.4	0.42	0.21	0.41	21.81
1$\frac{1}{2}$—2 ,,	22.0	22.3	22.15	0.48	0.24	0.65	22.80
						1.16	
	23.3	23.4	23.35	0.54	0.27	1.43	23.78

ಈ ವಿಧಾನವು ಬಹಳ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿದ್ದರೂ, ಇದರಿಂದ ಬಹಳ ಯಥಾರ್ಥವಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಹೊಂದಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

(11) ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಾಖದ ಒದಗಿಸುವಿಕೆ

(Method of Constant Heat Supply)

ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳನ್ನೂ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಸಹುದು. ಶಾಖವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಒದಗಿಸಲು ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಪಕ (electric heater) ವನ್ನಾಗಲಿ, ಬುನ್‌ಸನ್ (Bunsen Burner) ಜ್ವಾಲಕವನ್ನಾಗಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಪಕವನ್ನು 500 gm ತೂಕದ ನೀರಿನಲ್ಲಿಯೂ, 500 gm ತೂಕದ ದ್ರವದಲ್ಲಿಯೂ ಇಟ್ಟು, ಇವೆರಡರಲ್ಲಿಯೂ 20°c ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು t_1 ಮತ್ತು t_2 ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ ಸಾಕು.

ಇವುಗಳಿಗೆ ಬೇಕಾದ ಶಾಖಗಳು Q_1 ಮತ್ತು Q_2 ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{t_1}{t_2}$$

ಆದರೆ $$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{m \cdot 1 \cdot \theta}{m.\ s.\ \theta} = \frac{t_1}{t_2}$$

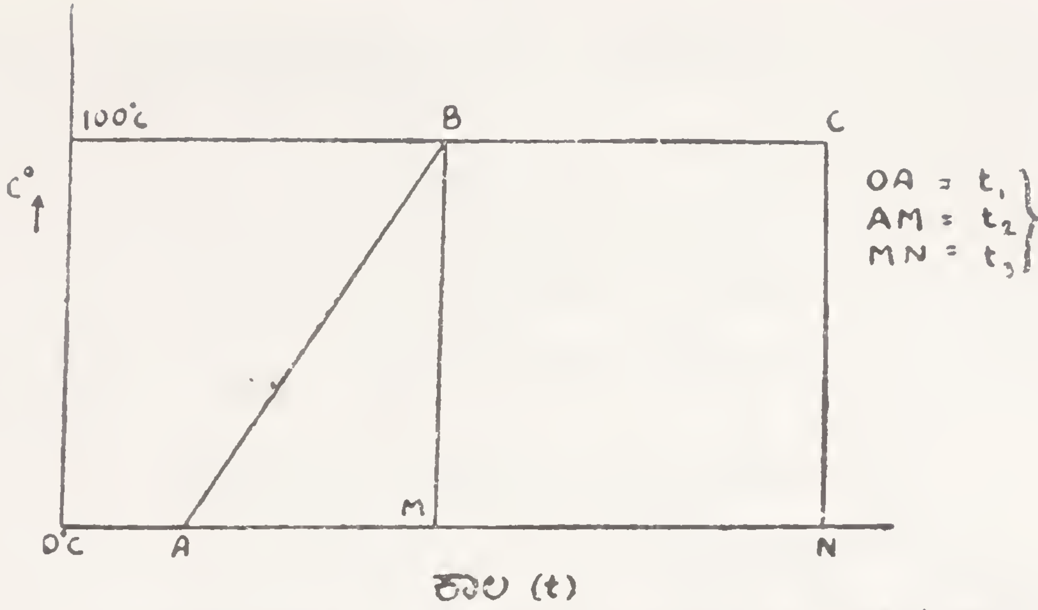
$$\therefore \quad s = \frac{t_2}{t_1}$$

(s = ದ್ರವದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ)

ನೀರನ್ನು 20°c ಕಾಯಿಸಲು 10 ನಿಮಿಷ ಬೇಕಾದರೆ, ಮತ್ತೆ ಅದೇ ತೂಕದ ದ್ರವವನ್ನು ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರಿಸಲು 5 ನಿಮಿಷವಾದರೆ

s = ದ್ರವದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ $= \frac{5}{10} = \frac{1}{2} = 0.5$

ಹೀಗೆಯೇ ನೀರಿನ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.



ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣ ಶಾಖದ ಒದಗಿಸುವಿಕೆ ಚಿತ್ರ. 27

ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಉರಿಯುತ್ತಿರುವ ಬುನ್‌ಸನ್ ಜ್ವಾಲಕದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ (0°c ಉಷ್ಣಾಂಶದ) ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆಯನ್ನು ಇಟ್ಟು, ಎಲ್ಲವೂ ನೀರಾಗಿ ಕರಗಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವನ್ನೂ, ನಂತರ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 0°c ನಿಂದ 10°c ಕ್ಕೆ ಏರಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವನ್ನೂ, ತರುವಾಯ ಎಲ್ಲ ನೀರೂ ಆವಿಯ ರೂಪವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಲು ಬೇಕಾಗುವ ಕಾಲವನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಕಾಲ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ, t_1, t_2, t_3 ಎಂದು ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು. ಅದರಲ್ಲಿ (ಚಿತ್ರ 27) ಕಾಣುವಂತೆ

$$OA = t_1, AM = t_2, MN = t_3$$

L_1 ಎಂಬುದು ನೀರಿನ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೂ,
L_2 ಎಂಬುದು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೂ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಮೂರು ಪರಿವರ್ತನೆಗಳಿಗೂ ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖವು Q_1, Q_2, ಮತ್ತು Q ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$Q_1 : Q_2 : Q_3 = t_1 : t_2 : t_3$$

ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

m ಎಂಬುದು ವಸ್ತು (ನೀರು ಅಥವಾ ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆ) ವಿನ ತೂಕವಾಗಿದ್ದರೆ

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{m\ L_1}{m \cdot 100} = \frac{t_1}{t_2}$$

$$\therefore L_1 = 100.\frac{t_1}{t_2} \text{ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು}$$

ಹಾಗೆಯೇ
$$\frac{Q_2}{Q_3} = \frac{m.\ 100}{m.\ L_2} = \frac{t_2}{t_3}$$

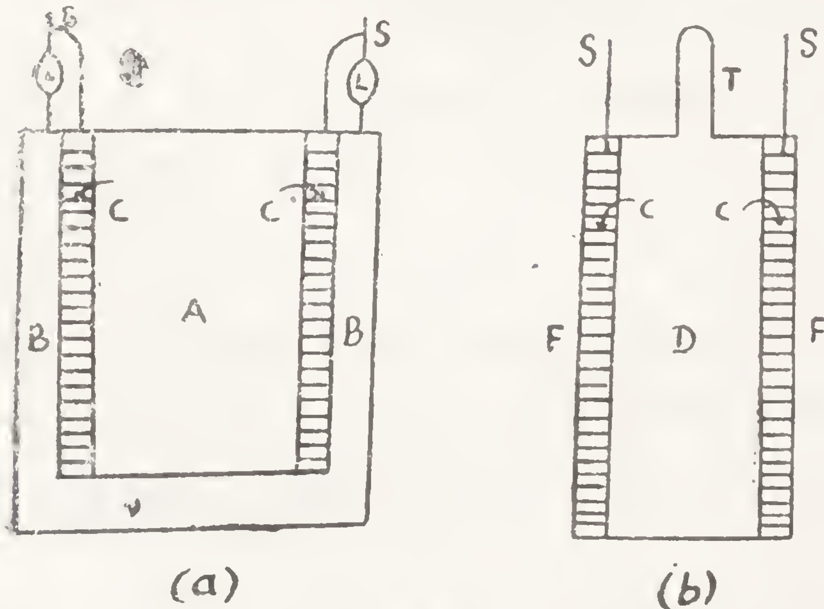
$$\therefore L_2 = 100.\frac{t_3}{t_2} \text{ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು}$$

3. ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಪಕ ವಿಧಾನಗಳು

(Method ot Electric heating)

ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ನರ್ನ್ಸ್ಟ್ (Nernst and Lindemann) ಮತ್ತು ಲಿಂಡ್‌ಮನ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಶಾಖವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಅಂಶಗಳಿವೆ ಮತ್ತು ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಕ್ಕೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನೂ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾದ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕದ ರೂಪವನ್ನು ಚಿತ್ರ–28 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದನ್ನು ನಿರ್ವಾತ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ



ಚಿತ್ರ 28

Nernst Vacuum Calorimeter.

47144.

(Vacuum Calorimeter) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. (a)ನಲ್ಲಿ ತೋರಿಸುವ ಮಾದರಿಯು ಒಳ್ಳೆ ಉಷ್ಣವಾಹಕ (good Conductors) ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಘನವಸ್ತುವು 'A' ಎಂಬ ಸಿಲಿಂಡರ್ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ CC ಎಂಬ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯು ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದಕ್ಕೂ ಸಿಲಿಂಡರಿಗೂ ವಿದ್ಯುತ್ ಸಂಪರ್ಕವಿಲ್ಲದಂತೆ (Insulated) ಪ್ಯಾರಫಿನ್ ಕಾಗದದ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ಪದರವು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಸುರಳಿಯು ವಿದ್ಯುತ್ ತಾಪಕ (Electrical heater) ದಂತೆಯೂ, ರೆಸಿಸ್ಟೆಂಸ್ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (Resistance thermometer) ದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸಿಲಿಂಡರ್ ಮತ್ತು ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿ, ಇವೆರಡನ್ನೂ ಅದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಇನ್ನೊಂದು ದೊಡ್ಡ ಸಿಲಿಂಡರ್ B ಯೊಳಗೆ ಫಿಟ್ (Fitted) ಮಾಡಿರುತ್ತೆ. ಮತ್ತು ಇವುಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವಂತೆ ಪ್ಯಾರಫಿನ್ ಮೇಣದ ಆವರಣವಿರುತ್ತದೆ. "ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕ" ವು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಸುರಳಿಯ ಕೊನೆಗಳಾದ SS ತುದಿಗಳಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ದೊಡ್ಡದಾದ ಸೂಕ್ತ ಪ್ರಮಾಣದ ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬಿನೊಳಗೆ ನೇತುಹಾಕಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬಿನೊಳಗಿರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನೆಲ್ಲಾ ಪ್ರಬಲ ಪಂಪಿನ ಸಹಾಯದಿಂದ ತೆಗೆದು ಆ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ವಾತಶೂನ್ಯವನ್ನಾಗಿ (Vacuum) ಮಾಡಬಹುದು.

ಈ ಇಡೀ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅದರಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯನ್ನೋ ದ್ರವೀಕೃತ ಜಲಜನಕವನ್ನೋ ತುಂಬಿದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕನಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದಂತಾಗುವುದು.

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಘನವಸ್ತುವು ಉಷ್ಣ ಅವಾಹಕವಾಗಿದ್ದಲ್ಲಿ (Bad Conductor)(b) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕು. D ಎಂಬುದು ಒಂದು ಬೆಳ್ಳಿಯ ಸಿಲಿಂಡರ್ ಪಾತ್ರೆ. ಇದರ ಸುತ್ತಲು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ಸುರುಳಿಯು ಸುತ್ತಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದನ್ನು F ಎಂಬ ರಜತಪದರ (Silver Foil) ದಿಂದ ಸುತ್ತಿ ತಳದಲ್ಲಿ (Soldered) ಬೆಸೆದಿರುತ್ತದೆ. ರಜತಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ

ಪ್ರಯೋಗವಸ್ತುವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಳದಿಂದ ಮುಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಈ "ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕ" ವನ್ನು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಸುರಳಿಯ ತುದಿಗಳಿಂದ ನೇತುಹಾಕಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ವಿದ್ಯುತ್ ಕೋಶ, ರ್ಹಿಯೋಸ್ಟಾಟ್ (Rheostat), ಅಮ್ಮಿಟರ್ (Ammeter) ಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಒಂದು ಸರ್ಕಿಟ್ (Circuit)ನಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು (Current) ಕಳುಹಿಸಿದರೆ, ಅದರಿಂದ ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ಘನವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ತುದಿಗಳನ್ನು ಒಂದು ವೋಲ್ಟ್‌ಮೀಟರ್ (Voltmeter)ಗೆ ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಅದು ತಂತಿಯ ತುದಿಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (Potential Difference) ವನ್ನು ಅಳೆದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು 't' ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಕಾಲ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ತಂತಿಯ ವೋಲ್ಟೇಜನ್ನು 'E' volts ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅವಧಿಯ ಮೊದಲು ಮತ್ತು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿರುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣಗಳು (Current) I_1 ಮತ್ತು I_2 ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಅಮ್ಮೀಟರಿನಿಂದ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ವಿದ್ಯುತ್‌ಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತಂತಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ (Electrical Resistance)ದ ಪ್ರಮಾಣಗಳು R_1 ಮತ್ತು R_2 ಆಗಿದ್ದರೆ

$$R_1 = \frac{E}{I_1} \text{ ಮತ್ತು } R_2 = \frac{E}{I_2}$$

ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯು ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಂತೆಯೂ ವರ್ತಿಸುವುದರಿಂದ, ಅದರ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು R_1 ನಿಂದ R_2ಗೆ ಏರಬೇಕಾದರೆ, ಇರಬೇಕಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ $\delta\theta$ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಬಹುದು.

I ಎಂಬುದು 't' ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸಿದ ಸರಾಸರಿ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರಮಾಣದಾಗಿದ್ದರೆ

$$I = \frac{I_1 + I_2}{2}$$

‘s’ ಎಂಬುದು ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ.
‘m’ ಎಂಬುದು ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ
‘J’ ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣದ ಯಾಂತ್ರಿಕ ಸಮಾನ ಸಂಖ್ಯೆ.
‘h’—ಪ್ರಯೋಗ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಪ್ರಸಾರವಾಗಬಹುದಾದ ಶಾಖನಷ್ಟ, ಇವುಗಳಿದ್ದರೆ,

$$E\,I\,t = J\,m\,s\,\delta\theta + h$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಸೂಕ್ತವಿಧಾನದಿಂದ ‘h’ (ಶಾಖನಷ್ಟ)ದ ಪ್ರಮಾಣವು ಕೊನೆಯ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಇರದಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು, ಇದೇ ವಸ್ತುವಿನ ಬೇರೆ ತೂಕ (m^1) ದ ಸಿಲಿಂಡರನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಮೊದಲು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು, ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ‘t’ ಸೆಕೆಂಡುಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯು ಹಿಂದೆ ಇದ್ದಂತೆಯೇ $\delta\theta$ ಆಗಿರಲು, I ಮತ್ತು Eಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು I^1 ಮತ್ತು E^1 ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗಾದರೆ

$$E^1\,I^1\,t = J\,m^1\,s\,\delta\theta + h$$

ಮೇಲಿನ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ,

$$(E\,I - E^1\,I^1)\,t = J\,(m - m^1)\,s,\,\delta\theta.$$

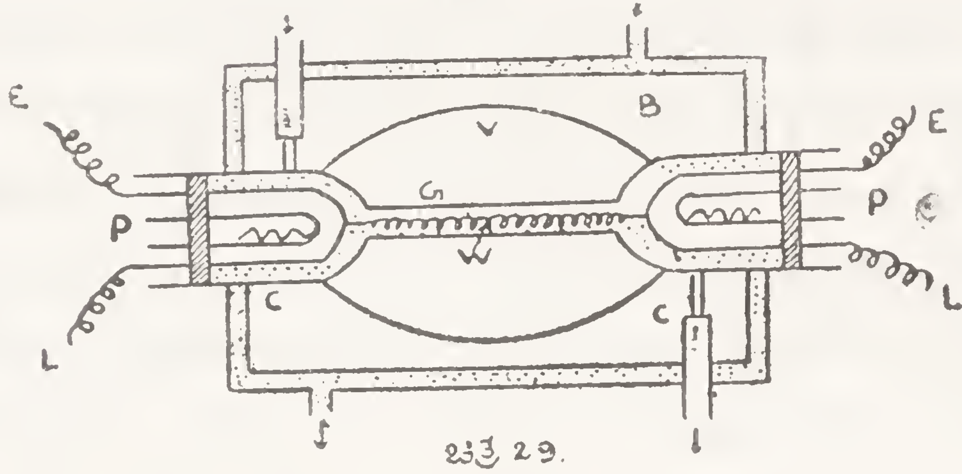
$$\therefore s = \frac{(E\,I - E^1\,I^1)\,t}{J\cdot(m - m^1).\,\delta\theta}$$

ಇದೇ ಉಪಕರಣದಿಂದ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಮುಂದೆ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು.

4. ನಿರಂತರ ಪ್ರವಾಹ ವಿಧಾನ—ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ಮತ್ತು ಬಾರ್ನ್ಸ್
(Callendar and Barnes continuous flow method)

ಈ ವಿಧಾನವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲರೂಪದಲ್ಲಿರುವ

ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಯಲು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತ ವಾದುದು ಮತ್ತು ಇದೇ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಶಾಖದ ಯಾಂತ್ರಿಕಸಮಾನಾಂಕ (Mechanical equivalent of heat) 'J' ಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ನೀರಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆಂಬ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೂ ಈ ಉಪಕರಣದಿಂದಲೇ ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ಈಗ ಈ ವಿಧಾನದ ಮುಖ್ಯಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಇದರ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಚಿತ್ರ. 29 ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಲಾಗಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 29.

Continuous Flow Calorimeter
(callendar & Barnes)

G ಎಂಬುದು ಒಂದು ಸಂಕುಚಿತ (narrow) ಗಾಜು ಅಥವಾ ಬೆಣಚುಕಲ್ಲಿನ (Quartz) ನಾಳಿಕೆ. ಇದರೊಳಗೆ ಸುರಳಿಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ W ಎಂಬ ಒಂದು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯನ್ನು ನಾಳಿಕೆಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ನಾಳಿಕೆಯ ತುದಿಗಳನ್ನು C C ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ದಪ್ಪ ತಾಮ್ರದ ಟ್ಯೂಬುಗಳಿಗೆ (tubes) ಸೇರಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ನೀರು ಅಥವಾ ಇತರ ದ್ರವವು ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ನಿರಂತರವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿಯೂ (at a steady rate) ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುತ್ತದೆ. ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಹರಿಯುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ತಾಮ್ರದ ಟ್ಯೂಬುಗಳ ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿಟ್ಟಿರುವ L L ಎಂಬ ತಂತಿಗಳ (leads) ಮುಖಾಂತರವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. W ತಂತಿಯ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ ಹರಿಯು

ವಾಗ ಅದರಲ್ಲಿ ಉತ್ಪನ್ನವಾಗುವ ಶಾಖದಿಂದ ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಈ ಶಾಖದ ಏರುವಿಕೆಯನ್ನು ಅಳೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ದ್ರವದ ಪ್ರವೇಶ ಮತ್ತು ನಿರ್ಗಮನ ದ್ವಾರಗಳಲ್ಲಿ P P ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಎರಡು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಇವೆ. ಇವುಗಳ ಬಲ್ಬುಗಳು C C (ತಾಮ್ರ) ಟ್ಯೂಬುಗಳ ಒಳಗೆ ಇರುತ್ತವೆ. ತಾಮ್ರದ ಉಷ್ಣವಹನಶಕ್ತಿಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನೇ ನಾವು ಅಳೆಯುತ್ತಿದ್ದೇವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ತಾಮ್ರದ ಟ್ಯೂಬುಗಳ (C C) ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಸೇರಿಸಿರುವ ಮತ್ತೆರಡು ತಂತಿಗಳ ಎಳೆಗಳು E E (leads), W ತಂತಿಯ ಎರಡು ಕೊನೆಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಪ್ರಚ್ಛನ್ನಾಂತರ (Potential differene) ವನ್ನು ಪೊಟೆನ್ಷಿಯೋಮೀಟರ್ (Potentio-meter) ನ ಮೂಲಕ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧಕವಾಗುತ್ತವೆ.

ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆ (b) ಯ ಹೊರ ಆವರಣ (V) ವು ಒಂದು ವಾತಶೂನ್ಯ (Vacuum jacket) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. V ಆವರಣವೂ ಕೂಡ, B ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ಹೊರ ಆವರಣದಿಂದ ಆಚ್ಛಾದಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. B ಆವರಣದಲ್ಲಿ ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನು ತುಂಬಿರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಉದ್ದೇಶವೇನೆಂದರೆ, ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರಿದಾಗ, ಅದರಿಂದ ಆಗಬಹುದಾದ ಶಾಖಪ್ರಸಾರದ ನಷ್ಟ (Radiation loss) ವನ್ನು ಆದಷ್ಟು ಮಟ್ಟಿಗೆ ತಡೆಗಟ್ಟುವುದು ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಕಾಲದಲ್ಲಿ ಉಪಕರಣವು ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿ (Steady State) ಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವುದು.

W ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಾ, G ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ದ್ರವವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿಯೂ ಇದ್ದಲ್ಲಿ, ಕೊಂಚ ಕಾಲದಮೇಲೆ, ಒಂದು ಸ್ಥಿರ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ದ್ರವದ ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಒಂದು ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಬಂದು ನಿಂತು ನಂತರ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರು

ವಾಗ, ಆ ಎರಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನೂ (θ_1 ಮತ್ತು θ_2) P P ಉಷ್ಣ ಮಾಪಕಗಳಿಂದ ನಿಖರವಾಗಿ ನಿರ್ದೇಶಿಸಿಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಈ ಅಳತೆಯ ಯಥಾರ್ಥತೆ (accuracy) ಯ ಮಟ್ಟ ಎಷ್ಟು ಇರಲು ಸಾಧ್ಯವೆಂದರೆ, 0.001° c ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆವಿಗೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ದ್ರವವನ್ನು 't' Secs ಗಳ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿ, ಅದರ ತೂಕ (m gms)ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ವಿದ್ಯುತ್ ಕಾಲಮಾಪಕ (Electric choronograph) ದ ಸಹಾಯದಿಂದ ಕಾಲವನ್ನು 0.01 sec ಇರುವಷ್ಟು ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದವರೆಗೂ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಪೊಟೆನ್ಷಿಯೋಮೀಟರ್ (Potentiometer) ನಿಂದ W ತಂತಿಯ ಕೊನೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ನಿಯತ ವೋಲ್ಟೇಜ್ E ಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನೂ (I amps) ಕೂಡ ಅಳೆಯಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲ ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳಿಂದ, ದ್ರವದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

$$\frac{E\,I\,t}{J} = ms\,(\theta_2 - \theta_1) + R$$

ಇಲ್ಲಿ 'J' ಎಂಬುದನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿ ತಿಳಿಯಬೇಕು—R ಎಂಬುದು ಶಾಖಪ್ರಸಾರ ನಷ್ಟ (Radiation loss) ವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ನಷ್ಟ (R) ದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅನಿಶ್ಚಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದನ್ನು ಅನವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಮಾಡಲು ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಅದೇ ದ್ರವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು θ_1 ಮತ್ತು θ_2 ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೂ, ದ್ರವವು ಪ್ರವಹಿಸುವ ದರವನ್ನು (rate) ವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ 't' secs ಗಳ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಹೊರಗಡೆ ಶೇಖರಿಸುವ ದ್ರವದ ತೂಕವನ್ನು m^1gms ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, E ಮತ್ತು I ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು E^1 ಮತ್ತು I^1 ಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ,

$$\frac{E^1 I^1 t}{J} = m^1 s (\theta_2 - \theta_1) + R$$

$$\therefore \frac{(E I - E^1 I^1)\ t}{J} = (m - m^1)\ s\ (\theta_2 - \theta_1)$$

$$\therefore s = \frac{(EI - E\ I^1)\ t}{J(m - m^1)\ (\theta_2\ \theta_1)}$$

ಈ ವಿಧಾನದ ಒಂದು ಉತ್ತಮ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಉಪಕರಣದ ಎಲ್ಲ ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ. ಇನ್ನೂ ಇತರ ಗುಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

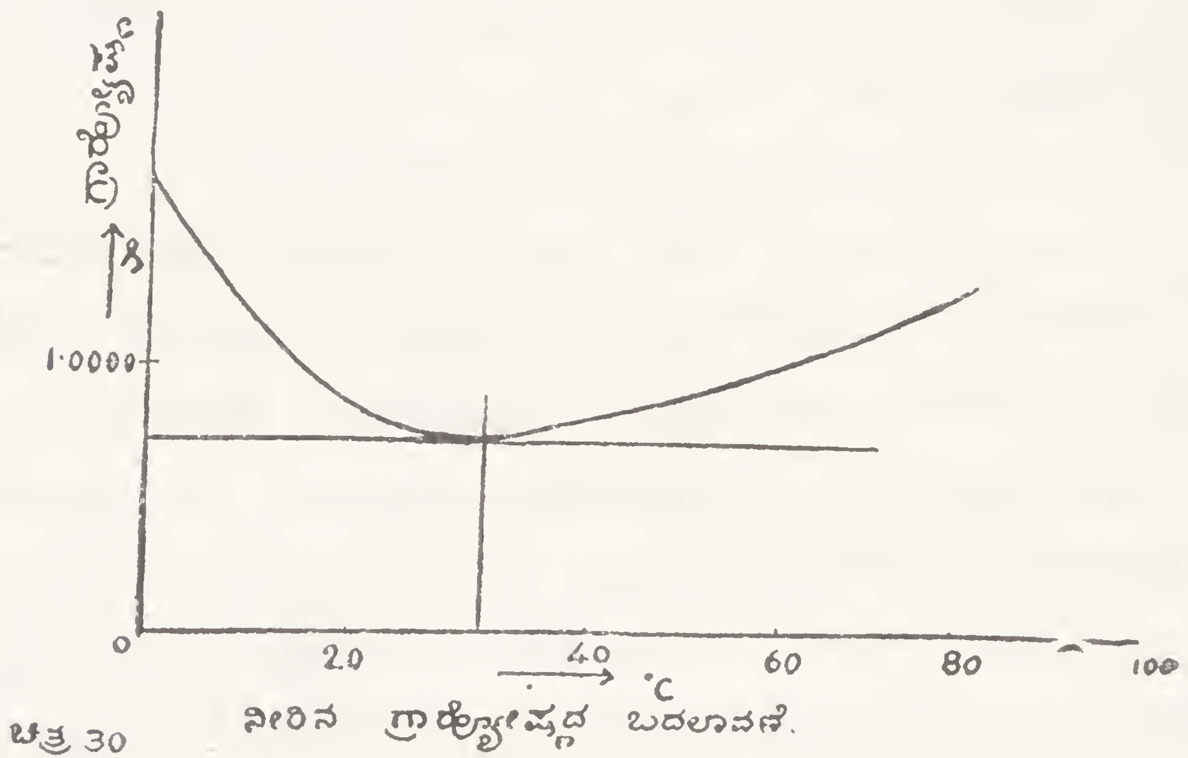
(i) ದ್ರವವು ಪ್ರವಹಿಸುವ ನಾಳಿಕೆ ಮತ್ತು ಇತರ ಭಾಗಗಳ ಉಷ್ಣ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Thermal Capacity)ವು ನಮ್ಮ ಗಣನೆಗೆ ಬರಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

(ii) ಉಪಕರಣದಿಂದ ಪ್ರಯೋಗಕಾಲದಲ್ಲಿ ಹೊರಬೀಳುವ ಶಾಖದ ನಷ್ಟವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯ ಆದರೆ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಅದನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲದಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು.

(iii) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿಯೂ (Accurately) ನಿಖರವಾಗಿಯೂ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, $0^\circ.001$ C ಅಷ್ಟು ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನೂ ಅಳೆಯಬಹುದು.

ಫಲಿತಾಂಶಗಳು : ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಈ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಬಹಳ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಬಹಳ ಸ್ವಾರಸ್ಯಕರವಾದ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹಿದನು. ಮೊದಲನೆಯದಾಗಿ, 15°C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, 'J'ಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಿದನು. ಅಂದರೆ, ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ನೀರಿನ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು $14.^\circ5$C ಮತ್ತು $15^\circ.5$C ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಸರಾಸರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $15^\circ.0$C ಇದ್ದಂತಾಗಿ, ಆಗ ನೀರಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು 1 ಕ್ಯಾಲರಿ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ನಂತರ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ 'J'ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತನ್ನ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ನೀರನ್ನೇ ದ್ರವವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಹಲವಾರು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದನು. ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅವನಿಗೆ ಕಂಡುಬಂದ ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶವೇನೆಂದರೆ;—ನೀರಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವು ಎಲ್ಲಾ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಹೊಂದದೆ, ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. 15°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅದರ ಬೆಲೆ 1.0000 ಆಗಿದ್ದು, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು 15°C ಮಟ್ಟವನ್ನು ಮೀರಿದರೆ, ಇಳಿಯುತ್ತಲೂ ಹೋಗುತ್ತದೆ. 35°C—40°C ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಪ್ರಮಾಣ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ (minimum) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಮತ್ತು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 30 ನೀರಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣದ ಬದಲಾವಣೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶ	ನೀರಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ
0°C	1.0093
5°C	1.0047
10°C	1.0019
15°C	1.0000
20°C	0.9980
30°C	0.9976

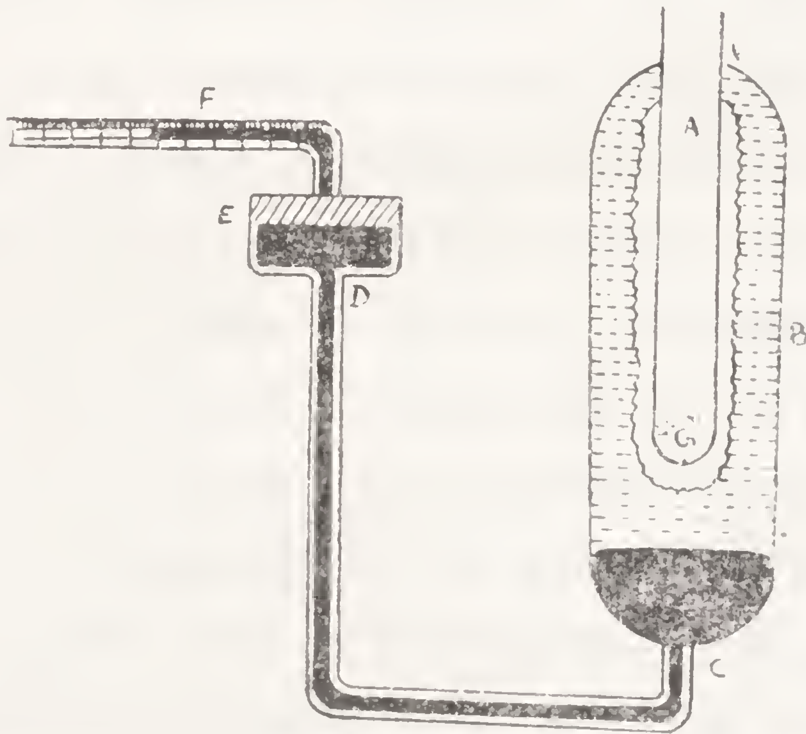
40°C	0.9973
50°C	0.9978
60°C	0.9987
70°C	1.0000
80°C	1.0017

5. ಗುಪ್ತೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ವಿಧಾನ

(Method based on Latent Heats)

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯು ಬದಲಾಯಿಸುವಾಗ, ಅಂದರೆ, ದ್ರವದಿಂದ ಬಾಷ್ಪರೂಪಕ್ಕಾಗಿಯಾಗಲೀ ಘನದಿಂದ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕಾಗಲಿ, ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವಾಗ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರದೆ ಇದ್ದರೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಶಾಖಪ್ರಮಾಣವು ಗ್ರಹಣಮಾಡಲ್ಪಡಬೇಕು ಎಂಬ ತತ್ತ್ವವು ಒಳಗೊಂಡಿದೆ ಮತ್ತು ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಇನ್ನೊಂದು ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ಶಾಖವಿನಿಮಯವಾಗುವಾಗ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಮೊದಲನೆಯದು—ಬುನ್ಸೆನ್ ಹಿಮ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ (Bunsen's Ice Calorimeter)—ಎರಡನೆಯದು ಜಾಲಿಯ ಜಲಬಾಷ್ಪ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ (Joly's steam Calorimeter).



ಚಿತ್ರ 31
Bunsen's Ice Calorimeter

Bunsen's Ice-calorimeter

ಈ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ. 31 ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. A ಎಂಬ ಒಂದು ಟೆಸ್ಟ್ ಟ್ಯೂಬನ್ನು (Test tube) ಒಂದು ಅಗಲವಾದ ಗಾಜಿನ ಬಲ್ಬ್ B ನೊಳಗೆ ಮೊಹರ್ (Fused) ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಬಲ್ಬ್ Bಯ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಲ ಲಂಬವಾಗಿ ಬಾಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆ C D ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.. ಈ ನಾಳಿಕೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ E ಎಂಬ ಒಂದು ಅಗಲವಾದ ಪಾತ್ರೆ (cistern) ಸೇರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಕಾರ್ಕಿನಿಂದ ಮುಚ್ಚಿ ಅದರ ಮೂಲಕ,ಒಂದು ಕೇಶೀಯನಾಳಿಕೆ(Capillary tube) F ತೂರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಇದರ ಎರಡು ಭುಜಗಳಲ್ಲಿ ಮೋಟಾಗಿರುವ ಭುಜವು E ಯೊಳಗೆ ಇದ್ದು ಇದಕ್ಕೆ ಲಂಬವಾದ ಭಾಗವು ಉದ್ದವಾಗಿಯೂ ಮತ್ತು ಕ್ಷಿತಿ ಸಮಾಂತರ (horizontal) ವಾಗಿಯೂ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಉದ್ದವಾದ ಲೋಮನಾಳ ಭಾಗದಲ್ಲಿ (Capillary Portion) ಅಂಶಾಂಕಗಳು (graduations) ಗುರ್ತು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಅಳವಡಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚಿತವಾಗಿ, E ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಮೊದಲು ವಾತಶೂನ್ಯವಾದ (air-free) ಶುದ್ಧನೀರನ್ನು ಹುಯ್ದು ನಂತರ ಪಾದರಸ (mercury) ವನ್ನೂ ಇಳಿಸಿ, Bಯ ಬಹುಭಾಗ ವೆಲ್ಲವೂ ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಿ ಅದರ ಕೆಳ ಪಾರ್ಶ್ವದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ, C D ನಾಳಿಕೆ ಮತ್ತು E ಪಾತ್ರೆ ಇವುಗಳೆಲ್ಲೆಲ್ಲ ಪಾದರಸವು ಇರುವಂತೆ ಮಾಡ ಬೇಕು. ಈಗ ಇದರೊಳಕ್ಕೆ F ನಾಳಿಕೆಯ ಮೋಟು ಭಾಗವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ತೂರಿಸಿದರೆ,ಅದರೊಳಗೆ ಪಾದರಸವು ನುಗ್ಗಿ, ಕ್ಷಿತಿಸಮಾಂತರ (horizonal) ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಗುರ್ತಿನವರೆವಿಗೂ ಪ್ರಸರಿಸಿ ಅಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. A ನಾಳಿಕೆಯ ತಳದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಗಾಜುಉಣ್ಣೆ (glass-wool) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಉದ್ದಿಶ್ಯ ಇಷ್ಟೇ–ಪ್ರಯೋಗ ದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ಮೇಲಿನಿಂದ ಟ್ಯೂಬಿನ ಒಳಗೆ ಹಾಕುವಾಗ, ಅದರ ತಳವು ಒಡೆಯದಂತೆ ಮಾಡುವುದು.

ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ, ಬಲ್ಬ್ B ಯೊಳಗಿರುವ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗ ನೀರು ಘನೀಭೂತವಾಗಿ ಹಿಮದ ಸಣ್ಣ ಹರಳುಗಳು (Ice-Crystals) Aನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರಭಾಗದ

ಸುತ್ತಲೂ ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೋಸ್ಕರವಾಗಿ, A ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗೆ, ಹಿಮದಿಂದ ಶೀತಲಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಮದ್ಯಸಾರವನ್ನಾಗಲಿ (ice-cooled alcohol or ether), ಈಥರ್ ದ್ರವವನ್ನಾಗಲಿ ಪ್ರವಹಿಸಿ ಸಬೇಕು. ಇದೇನೂ ಸುಲಭವಾದ ಕೆಲಸವಲ್ಲ. ಹಲವಾರು ಘಂಟೆಗಳ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಇಡೀ ಉಪಕರಣವು ಬಹಳ ದೀರ್ಘಕಾಲವರೆವಿಗೂ ಪ್ರಯೋಗ ನಡೆಸುವ ಮುನ್ನ $0°C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೇ ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿರುವಂತೆಮಾಡಬೇಕಾದುದು ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆಯ ಕ್ರಮ. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, B ಯೊಳಗೆಲ್ಲ, (ತಳಭಾಗವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು) $0°C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಶುದ್ಧ ನೀರು, ಮತ್ತು A ನಾಳಿಕೆಯ ಸುತ್ತಲೂ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ಹಿಮಭಾಗ ಇದೂ $0°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. CDE ಮತ್ತು F ಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಪಾದರಸವು ತುಂಬಿದ್ದು ಅದರ ತುದಿಯು ಉದ್ದವಾದ F ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅಂಶಾಂಕದಲ್ಲಿ ನಿಂತಿರುತ್ತದೆ.

F ನಾಳಿಕೆಯ ಅಂಕಗಳನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಪರಿಮಾಣಬದ್ಧವನ್ನಾಗಿ (calibrate) ಮಾಡಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಕೆಳಗಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

$\theta°c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ m gms ನೀರನ್ನು A ಒಳಗೆ ಇಡುತ್ತೇವೆ ಅಂದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ನೀರು $\theta°c$ ನಿಂದ $0°c$ಗೆ ಇಳಿಯುವಾಗ ಕೊಡುವ ಶಾಖವನ್ನು A ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಸ್ವಲ್ಪ ಹಿಮವು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ ಕರಗುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವೀಕರಣದ ಫಲವಾಗಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚವಾಗುತ್ತದೆ. (contraction in volume). ಈ ಗಾತ್ರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಲು, B ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವು ಏರಿ ಅದರ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನಾವು F ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವುದರಿಂದ (Recession of the mercury column) ಗೊತ್ತುಮಾಡುತ್ತೇವೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವವೇ ಇದು. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಗಾತ್ರಸಂಕೋಚಕ್ಕೂ ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ನಿರ್ದಿಷ್ಟತೂಕದ ಹಿಮವು ಗ್ರಹಣಮಾಡಬೇಕಾದ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ತತ್ತ್ವವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

F ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವ ದೂರವು x cms ಆಗಿಯೂ, ನಾಳಿಕೆಯ ಅಡ್ಡಳತೆಯು (area of cross-section) α sq cms ಆಗಿದ್ದರೆ, ಹಿಮವು ಕರಗುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾದ ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚದ ಪ್ರಮಾಣವು $x.\alpha$ c.c ಆಯಿತು.

m gms ತೂಕದ ನೀರು θ°c ನಿಂದ 0°cಗೆ ಇಳಿಯುವಾಗ ಕೊಡುವ ಶಾಖವು $m.\theta$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು.

ಈಗ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವ ಪ್ರಕಾರ, 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಹಿಮವು (L) ಕ್ಯಾಲರಿಗಳ (ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ) ನ್ನು ಗ್ರಹಣ ಮಾಡಿ, ನೀರಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾದರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು 1.091 cc ಇಂದ 1.000 cc.ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, 0.091 cc ಗಾತ್ರಸಂಕೋಚವಾದರೆ 1ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಹಿಮವು ಕರಗಿರಬೇಕು ಅಥವಾ L ಕ್ಯಾಲರಿಗಳ ಶಾಖ ಗ್ರಹಣವಾಗಿರಬೇಕು.

ಆದ್ದರಿಂದ 1 cc ಗಾತ್ರಸಂಕೋಚವಾಗಬೇಕಾದರೆ ಶಾಖಗ್ರಹಣವು

$$\frac{L}{0.091} \text{ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು}$$

$x\ \alpha$ cc ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚಕ್ಕೆ $\frac{L.\ x.\ \alpha.}{0.091}$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು.

$$m.\theta = \frac{L.\ x.\ \alpha.}{0.091}$$

$$\therefore L = \frac{m.\theta.\ \ 0.091}{x.\ \alpha.}$$

ಆದುದರಿಂದ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ನಾವು ನೀರಿನ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿದಂತಾಯಿತು.

ಈಗ, ಎರಡನೇ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, ನೀರಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು ಈ ಪ್ರಯೋಗ ದಲ್ಲಿ m^1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ವಸ್ತುವು θ^1 °C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿದ್ದು ಅದನ್ನು A ಯೊಳಗೆ ಇಟ್ಟಾಗ, F ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ತುದಿಯು x^1 Cms

ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಸರಿದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ 's' ಈ ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

$$m^1 s. \theta^1 = \frac{L. x^1 \cdot \alpha}{0.091}$$

$$\frac{L. \alpha}{0.091} = 'q' \text{ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,}$$

$$m \theta = \alpha \cdot q; q = \frac{m. \theta}{\alpha}$$

$$m^1 s. \theta^1 = x^1 \cdot q$$

$$\therefore s = \frac{x^1 \cdot q}{m^1 \theta^1} = \frac{x^1 m. \theta}{x \cdot m^1 \cdot \theta^1}$$

ಹೀಗೆಯೇ ಹಲವಾರು ವಸ್ತುಗಳು ಘನ ರೂಪದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ದ್ರವ ರೂಪದಲ್ಲಿಯಾಗಲಿ ಇದ್ದು, ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೂ, ಅವುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ಬಹಳ ನಿಖರವಾಗಿ ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು. ದತ್ತವಸ್ತುವು ಬಹಳ ಅಮೂಲ್ಯವಾಗಿದ್ದು, ಸ್ವಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದರೆ ಈ ವಿಧಾನವು ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದ ಇತರ ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ:

1. ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವಾಗ, ನಾವು 'L' ನೀರಿನ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ.

2. ಉಪಕರಣವು ಪೂರ್ವದಲ್ಲಿಯೂ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶ(O°C)ದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ, ಪ್ರಸಾರನಷ್ಟ (Radiation loss)ದ ಪ್ರಶ್ನೆಯೇ ಇರುವುದಿಲ್ಲ.

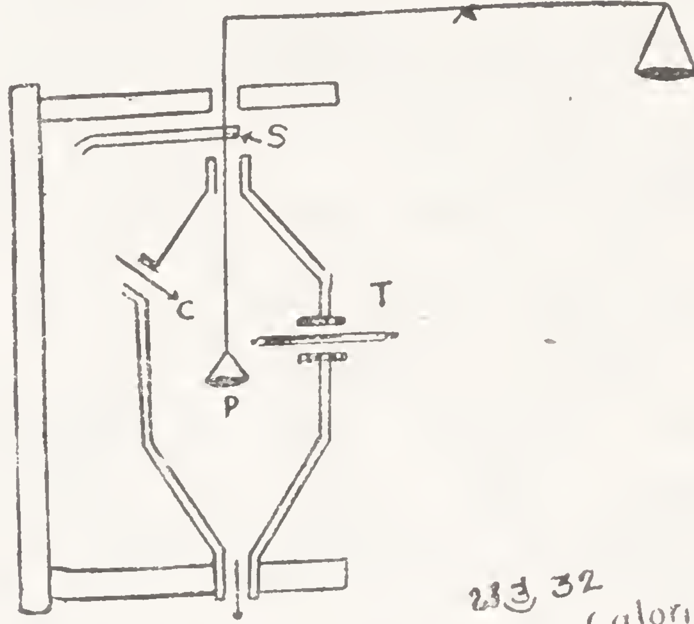
3. ಇದರ ಯಥಾರ್ಥತೆ (accuracy)ಯು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆಯೆಂದರೆ, ಇದರಿಂದ 0.01 ಕ್ಯಾಲರಿಯಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಾಖವನ್ನೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಅಳೆಯಬಹುದು.

4. ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ದೊರೆಯುವ ಅಪೂರ್ವ ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಇದೊಂದೇ ಮಾರ್ಗ.

ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, B ಬಲ್ಬಿನಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ನೀರು ಬಹಳ ಶುದ್ಧವಾಗಿಯೂ, ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ವಾಯುರಹಿತವಾಗಿರಬೇಕಾದುದು ಬಹಳ ಅಗತ್ಯ.

(Joly's Steam calorimeter)

ಈ ಉಪಕರಣದ ರಚನೆಯು ಚಿತ್ರ 32ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. ಇದರ ತತ್ತ್ವವು ಈ ರೀತಿಯಿರುತ್ತದೆ. ಕೊಠಡಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ ಜಲಬಾಷ್ಪ



ಚಿತ್ರ 32
(Joly's Steam Calorimeter)

(Steam)ದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಶಾಖ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಇದನ್ನು ಒದಗಿಸುವ ಜಲಬಾಷ್ಪವು ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುವಾಗ ಆ ಜಲಬಾಷ್ಪದ ತೂಕದಿಂದ ಅಳೆಯುವುದನ್ನು ಈ ವಿಧಾನವು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

C ಎಂಬುದು ಒಂದು ವಿಶೇಷ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಲೋಹದ ಆಯತನ (Metal chamber). ಇದರಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತ ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನಿಟ್ಟು, ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಜಲಬಾಷ್ಪವು ಬಂದು, ಹಾಯ್ದು ಹೋಗುವಂತೆ ಇದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು T ಎಂಬ ಒಂದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಒಂದು ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ತೂರಿಸಬಹುದು—ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗ ಮತ್ತು ಕೆಳಭಾಗಗಳು ಶಂಕು ಆಕೃತಿಯಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ (Conical shape) ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕೃತವಾದ ಜಲಬಾಷ್ಪವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೊರಗೆ ಎಳೆಯಲ್ಪಡಬಹುದು—ಪ್ರಸಾರ ನಷ್ಟವನ್ನು

(Radiation loss) ಕಡಮೆಮಾಡಲು, ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಲಾಗಿದೆ. ಈ ಆಯತನದ ಒಳಗಡೆ, ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ, ಹಗುರವಾದ ತಟ್ಟೆ P (light pan) ತೂಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಇದು ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ತ್ರಾಸಿನ ಎಡ ಪಾರ್ಶ್ವವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ತಂತಿಯು ಬಾಷ್ಪಭವನದೊಳಗೆ ಹೋಗುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ದ್ರವ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದ ಬಾಷ್ಪವು ರಂಧ್ರವನ್ನು ಮುಚ್ಚಿ ತೂಕಮಾಡಲು ಪ್ರತಿಬಂಧಕವಾಗದಂತೆ, ರಂಧ್ರಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಮೇಲೆ, ತಂತಿಯನ್ನು ಆವರಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿ S ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುತ್ತನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ, ನೀರು ಬಾಷ್ಪರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ತಂತಿಯು ಸರಾಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುವಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಯೋಗದ ವಿಧಾನ : ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ, P ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ತೂಗಲು ಮತ್ತೊಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಸಮತೂಗಿಸುವ ತೂಕಗಳನ್ನು ಹಾಕಿ ತ್ರಾಸನ್ನು ಸಮಸ್ಥಿತಿಗೆ ತರಬೇಕು. ಆಗ, ಬಾಷ್ಪಭವನದ ಮೊದಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ (θ_1°c) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ನಂತರ, ಪೂರ್ಣ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ವೇಗವಾಗಿ ಭವನ (chamber) ದ ಮೂಲಕ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲ ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಆವಿಯು ದ್ರವೀಕೃತವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ನೀರು ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲೆ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ, ಮತ್ತೆ ತ್ರಾಸಿನ ಇನ್ನೊಂದು ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕಾದ ಹೆಚ್ಚು ತೂಕಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಬೇಕು. ಆಗ, ಭವನದ ಉಷ್ಣಾಂಶ (θ_2°c)ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು. ಎರಡು ತೂಕಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು w.gms ಆಗಿದ್ದರೆ, w. gms ತೂಕದ ಜಲಬಾಷ್ಪವು ದ್ರವೀಕೃತವಾಗಿ, ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿದೆಯೆಂದಾಗುತ್ತದೆ.

ನಂತರ, ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದು ಶುಷ್ಕಸ್ಥಿತಿ (dry) ಯಲ್ಲಿರುವಾಗ P ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಮೊದಲು ತೂಕಮಾಡಬೇಕು. ಮತ್ತೆ ಹಿಂದಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದಂತೆ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಪೂರ್ಣ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ವೇಗವಾಗಿ, ಭವನದ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಅಧಿಕವಾಗಿ ಶೇಖರವಾಗಿರುವ ನೀರಿನ ತೂಕ

ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದು W gms ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇದು ವಸ್ತು ಮತ್ತು ತಟ್ಟೆ ಎರಡಕ್ಕೂ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸಿರುತ್ತದೆ.

ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ 'm' gms, ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ 's' ಆಗಿದ್ದರೆ

$$m\,s\,(\theta_2-\theta_1) = (W-w)\ L$$

ಇಲ್ಲಿ L ಎಂಬುದು ಬಾಷ್ಪಗುಪ್ತೋಷ್ಣ. ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ರಾಶಿಗಳೂ (quantities) ಅಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ.

$$s = \frac{(W-w)\,L}{m(\theta_2-\theta_1)}$$

'ｓ' ನ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

ಉಪಕರಣಗಳ ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳು

(1) ಸಣ್ಣ ತೂಕಗಳಲ್ಲಿ ದೊರೆಯುವ ಅಪೂರ್ವವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಿಧಾನ.

(2) ವಸ್ತುವು, ಚೂರ್ಣ, ದ್ರವ, ಅನಿಲ—ಯಾವ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದರೂ ಈ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಆದರೆ, ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡು ಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಚೂರ್ಣ (Powder) ಅಥವಾ ದ್ರವ ಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಗಾಜು ಅಥವಾ ಲೋಹದ ಪಾತ್ರೆ ಯಲ್ಲಿಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅನಿಲಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸ ಲಾಗಿದೆ.

(3) ಬಹಳ್ ಯಥಾರ್ಥ (Accuracy) ವಾದ ಬೆಲೆಗಳು ಬೇಕಾದರೆ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವ ಎರಡು ತೂಕಗಳೂ, θ_1°c, θ_2°c ಎಂಬ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವುದರಿಂದ, ಗಾಳಿಯ ಉತ್‌ಪ್ಲಾವನ (Buoyancy) ಕ್ಕಾಗಿ, ಸ್ವಲ್ಪ ತಿದ್ದುಪಡಿ (Correction) ಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ದೇವಾರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿ ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ (Liquid Air calorimeter) ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾನೆ.

ಈಗ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಪರಿಶೀಲಿಸ

ಬಹುದು. ಇದುವರೆಗೂ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಹಲವಾರು ಉಪಕರಣಗಳಿಂದ, ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಮತ್ತು ಅತಿಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಳೆದು ಅದು ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ.

ಕ್ರಿ.ಶ. 1819 ರಲ್ಲಿ ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್, ಪೆಟಿಟ್ (Dulong and Petit) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪರಿಶ್ರಮದಿಂದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ನಿಯಮವನ್ನು ಹೊರ ಗೆಡೆಹಿದರು. ಇದು ಈ ರೀತಿಯಿದೆ—ಘನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಎಲ್ಲ ವಸ್ತು ಗಳಿಗೂ, ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಮತ್ತು ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ—ಇವೆರಡನ್ನೂ ಗುಣಿಸಿ ಬರುವ ಲಬ್ಧವು (Product of atomic weight and specifie heat is constant for elements in the solid state) ನಿಯತಪ್ರಮಾಣ ದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪರಮಾಣುಶಾಖ(Atomic heat) ಎಂದು ಕರೆದರೆ, ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳನ್ನೂ ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡರೆ, 5.8, 6.8, ಇವುಗಳಿಗೆ ಮಧ್ಯೆ, ಸರಾಸರಿ 6.4 ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಸಾಮಾನ್ಯ ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗೆ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮವು ಸುಮಾರಾಗಿ ಅನ್ವಯವಾಗುವುದೆಂದು ರೆಯ್ನೋ (Regnault) ತೋರಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಲಿಥಿಯಂನಿಂದ ಹಿಡಿದು ಸೀಸದವರೆಗೆ, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಪಟ್ಟಿಯನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ನಮಗೆ ಕಾಣಬರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗೆ ಇರುತ್ತವೆ. (1) ಬೋರಾನ್, ಸಿಲಿಕಾನ್ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲ (B, Si & C) ಇವುಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ಉಳಿದ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ, ಪರಮಾಣು ತೂಕ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಗಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಗುಣಲಬ್ಧವು ಸರಾಸರಿಯಾಗಿ 6.4 ಇರುತ್ತದೆ. ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ನೋಡಿದರೆ, ಇದರ ಬೆಲೆಯು 5.96 ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು ಇರಬೇಕೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದರೆ, ಬೋರಾನ್, ಸಿಲಿಕಾನ್, ಇಂಗಾಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಹೀಗಿ ರುತ್ತದೆ.

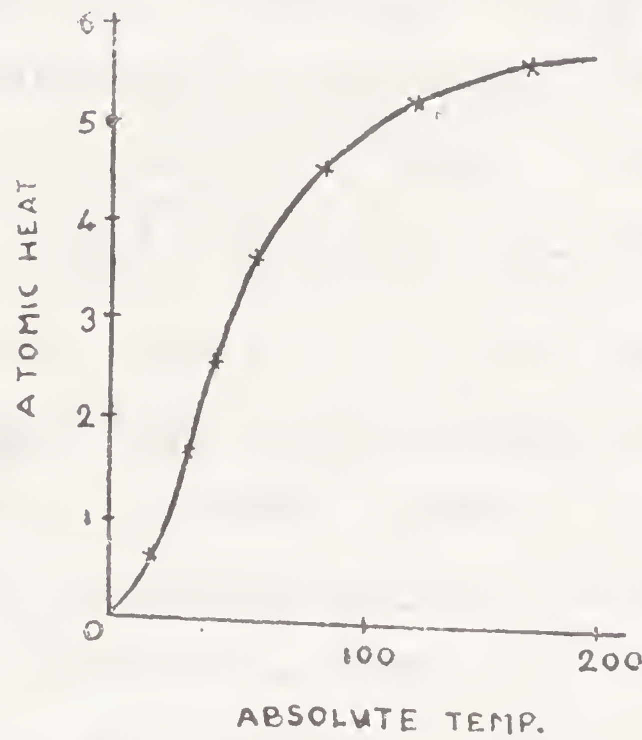
ಬೋರಾನ್	(B)	.. 2.75	(ಪರಮಾಣು ಶಾಖ)
ಇಂಗಾಲ	(C)	.. 1.76	(,,)
ಸಿಲಿಕಾನ್	(Si)	.. 4.98	(,,)

ಇದು ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡು ಬಂದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು. ಆದರೆ, 500°c ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಪರಮಾಣು ಶಾಖಗಳು ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್ ನಿಯಮವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೂ, ವಾಸ್ತವ ಸ್ಥಿತಿಗೂ ಅದಕ್ಕೂ ಬಹಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ. ಆ ನಿಯಮದ ಒಂದು ನ್ಯೂನತೆಯೇನೆಂದರೆ, ಅದರ ಪ್ರಕಾರ, ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವು ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಬೆಲೆಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಪ್ರಕಾರ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬದಲಾಯಿಸಿದಂತೆಲ್ಲ ಅದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವೂ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳು ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ, ಹೆಚ್ಚುತ್ತವೆ. ಅದರಲ್ಲಿಯೂ, ಸೀಸ, ತವರ, ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಮುಂತಾದ ಲೋಹಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಬಹಳ ಕಡಮೆ. ಆದರೆ, ಬೋರಾನ್, ಸಿಲಿಕಾನ್, ಇಂಗಾಲಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ. ವಜ್ರದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ 0°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅದರ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಮೂರರಷ್ಟು 200°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ನಾಲ್ಕರಷ್ಟು 300°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. 980°C ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಮೇಲೆ ಹೋದರೆ, ಪರಮಾಣು ಶಾಖವು ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್ ನಿಯಮದಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

Nernst ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ, ಗಾಹ್ಯೋಷ್ಣವೂ ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. 0°A ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮುಟ್ಟುವಂತೆಯಾದರೆ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವೂ ಶೂನ್ಯ (Zero) ವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಂತೆ ತೋರಿಬರುತ್ತದೆ. ಬೆಳ್ಳಿಯ ಪರಮಾಣು ಶಾಖಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶ (ಪರಮ) °A	ಪರಮಾಣು ಶಾಖ
205.3	5.6
144	5.37
56	3.19
20	0.40
5	0.005
1.35	0.000254



ಪರಮಾಣು ಶಾಖ - ಉಷ್ಣಾಂಶ - ನಕ್ಷೆ
ಚಿತ್ರ 33.

ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ (graph) ಗುರ್ತಿಸಿದರೆ, ಚಿತ್ರ-33 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ವಕ್ರರೇಖೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಬಹಳ ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣು ಶಾಖದ ಬೆಲೆಯು 6.0 ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿದ್ದು ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ 0 ವರೆಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೂ ಒಂದು ವೈಯಕ್ತಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Characteristic temperature) ಇರುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ—ಇದರ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವು ಬಹಳ ತ್ವರಿತವಾಗಿ 0 (Zero) ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಡ್ಯೂಲಾಂಗ್ ಮತ್ತು ಪೆಟಿಟ್ ನಿಯಮಕ್ಕೂ ವಾಸ್ತವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಅಂತರವನ್ನು ವಿವರಿಸಲು, ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು

ಕ್ವಾಂಟಂ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Quantum Theory) ವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಳ್ಳುತ್ತಾರೆ. ಈ ಸಿದ್ಧಾಂತವನ್ನು ಪ್ಲಾಂಕ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ. ಶ. 1901ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದು ತತ್ವದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಯನ್ನೇ ಎಬ್ಬಿಸಿತು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, ಆಂದೋಳನ ಮಾಡುತ್ತಿರುವ ಒಂದು ಪ್ರಣಾಲಿ (Oscillating System) ಯ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನವಾಗಿ (Continuous) ಎಲ್ಲಾ ಬೆಲೆಗಳನ್ನೂ ಹೊಂದಿರಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ—ಅವುಗಳ ಒಂದು ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳ' ಪುಂಜ (Elementary quantum) ದ ಪೂರ್ಣ ಪಟಗಳಾಗಿಯೇ (integral multiples) ಇರಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಅವುಗಳು ಛಿನ್ನ (discontinuous) ರೀತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ν ಎಂಬುದು, ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಾಗಿಯೂ, 'h' ಎಂಬುದು ಪ್ಲಾಂಕ್ ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ, ಶಕ್ತಿಗಳ ಬೆಲೆಗಳು

$h\nu, 2\,h\nu, 3\,h\nu, \ldots\ldots$ ಆಗಿ ಇರಬೇಕು.

ಈ ತತ್ವವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ, ವಿಖ್ಯಾತ ವಿಜ್ಞಾನಿಯಾದ ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ (Einstein) ಕ್ರಿ. ಶ. 1906ರಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಪರಮಾಣು ಶಾಖಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸಿ, ಬಹಳ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ವಿವರಣೆಯನ್ನಿತ್ತನು. ಮೇಲಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ವಕ್ರರೇಖೆಯು ತೋರಿಸುವ ಬದಲಾವಣೆಯು ಅವನ ತತ್ವದಿಂದ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಸಾಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ, ಐನ್‌ಸ್ಟೀನ್ ತತ್ವಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಭೇದವಿದ್ದಿತು—ಇದನ್ನು ನಿವಾರಣೆ ಮಾಡಲು ಡೀಬೈ (Debye) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತತ್ವನಿರೂಪಣೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿದನು. ಅವನ ಪ್ರಕಾರ

$$A=f\left(\frac{\theta}{T}\right)$$

A = ಪರಮಾಣು ಶಾಖ. θ = ಡೀಬೈ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Debye temperature)—ಇದರ ಬೆಲೆಯು ಒಂದೊಂದು ವಸ್ತುವಿಗೂ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$L = o\left[f\,1\left(\frac{\theta}{T}\right) = o\right]$$

(T ಎಂಬುದು ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 0 ಆದಾಗ)

ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಡೀಬೈ ನಿಯಮವು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

$$S \,\&\, T^3$$

ಇದು T^3 ನಿಯಮವೆಂದು ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಯಾಗಿದೆ. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಭಾರತ ವಿಜ್ಞಾನಿ ರಾಮನ್ (Raman) ಹರಳುಗಳಲ್ಲಿ X–ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರತಿಫಲನಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಆಧಾರಗಳ ಮೇಲೆ ಡೀಬೈ ನಿಯಮವನ್ನು ಟೀಕಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಈ ವಿಷಯವು ಆಧುನಿಕ ಭೌತಶಾಸ್ತ್ರದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗವಾಗಿ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಇನ್ನೂ ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ.

6. ಶೀತಲ ವಿಧಾನ

(Method of Cooling)

ಇದುವರೆಗೂ ವಿವರಿಸಿರುವ ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗೂ, ದ್ರವವಸ್ತುಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತವೆ. ಕೆಲವು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾಗಬಹುದು.

ಆದರೆ, ದ್ರವಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ವಿದ್ಯುತ್ ವಿಧಾನವೂ (Electrical Method) ಶೀತಲ ವಿಧಾನವೂ (Method of cooling) ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ.

ಈ ವಿಧಾನದ ತತ್ತ್ವವು ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ. ಇದು ಈ ರೀಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಒಂದು ದತ್ತ ಆವರಣದಲ್ಲಿದ್ದರೆ ಆದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕ್ರಮೇಣ ಕಡಮೆಯಾಗುವಾಗ, dt ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ಕಾಲದಲ್ಲಿ $d\theta$ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಎನ್ನೋಣ. ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕ 'm', ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ $=$ s ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸ θ°C (ಅಂದರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರ)

$$\frac{dQ}{dt} = Kf(\theta)$$

$\frac{dQ}{dt}$ = ಶಾಖ ನಷ್ಟದ ದರ, f (θ) ಎಂಬುದು 'θ' ಒಳಗೊಂಡ ಕ್ರಿಯೆ (function) K = ನಿಯತಾಂಕ

ಆದರೆ, dQ = m. s. d θ

$\therefore$ ms· dθ = k· f (θ). dt.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು θ_1°C ಇಂದ θ_2°C ಗೆ ಇಳಿಯುವ ಕಾಲವು t ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$t = \int_{o}^{t} dt = \int_{\theta_2}^{\theta} \frac{msd\theta}{kf(\theta)}$$

$$t = \frac{ms}{k} \left[F(\theta_1) - F(\theta_2) \right]$$

ಇಲ್ಲಿ $F(\theta) = \int \frac{d\theta}{f\theta}$

ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಮತ್ತೊಂದು ವಸ್ತುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ತೂಕ, ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವು ಕ್ರಮವಾಗಿ m^1 s^1 ಇದ್ದರೆ, ಅದೂ ಕೂಡ ಹಿಂದಿನ ಆವರಣದಲ್ಲಿಯೇ θ_1°C ನಿಂದ θ_2°C ಗೆ ಇಳಿಯುವ ಕಾಲವು t^1 ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$t^1 = \frac{m^1\ s^1}{k^1} \left[F(\theta_1) - F(\theta_2) \right]$$

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ

$$\frac{t}{t^1} = \frac{ms}{k} \frac{k^1}{m^1 s^1}$$

ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲಗಳೂ (surface areas) ಅವುಗಳ ರಚನೆಗಳೂ, ಶಾಖಪ್ರಸಾರ ಸಾಮರ್ಥ್ಯಗಳೂ (Radiation Powers) ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$k = k^1$$

$$\therefore \frac{t}{t^1} = \frac{ms}{m^1 s^1}$$

ಎರಡು ದ್ರವಗಳನ್ನೂ w gms ಸಮಾನ ಜಲ ತೂಕದ ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕ ಗಳಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿದ್ದರೆ,

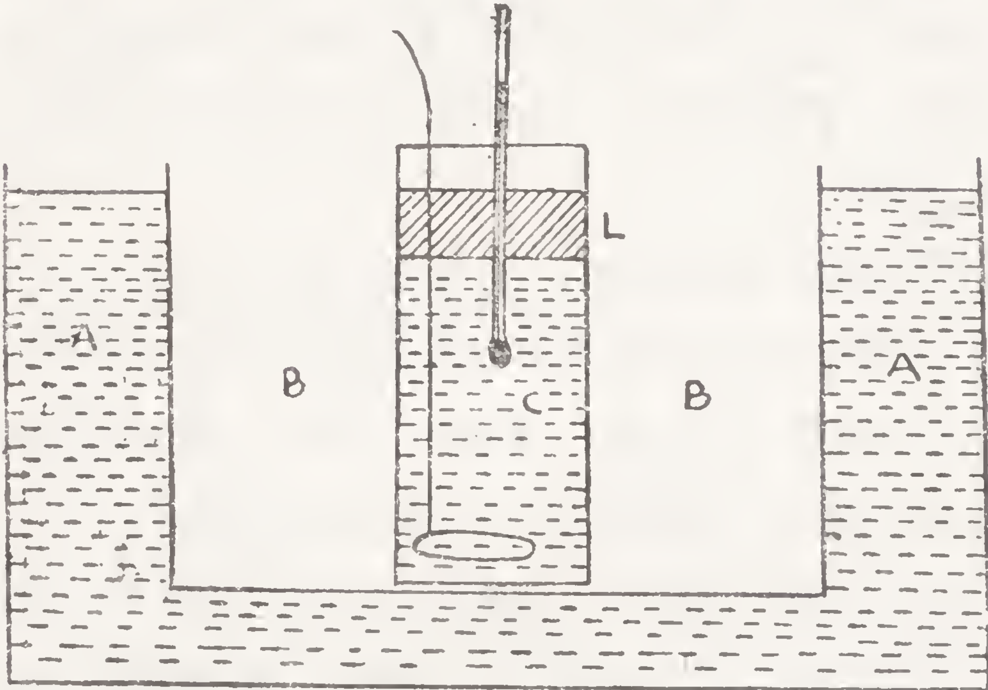
$$\frac{t}{t^1} = \left[\frac{ms+w}{m^1s^1+w}\right]$$

ಮೊದನೆಯ ದ್ರವವು ನೀರಾಗಿದ್ದರೆ, $s=1$

$$\therefore \frac{t}{t^1} = \frac{(m+w)}{(m^1s^1+w)}$$

ಈ ಸರಳ ನಿಯಮದಿಂದ 's^1' ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಪ್ರಯೋಗ ವಿಧಾನ—ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (34) ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, A, B, C ಎಂಬ ಮೂರು ಲೋಹದ ಡಬ್ಬಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದರ ಲ್ಲೊಂದು ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಹೊರ ಆವರಣ Aಯಲ್ಲಿ ನೀರು ತುಂಬಿರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 34

ದ್ರವದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ

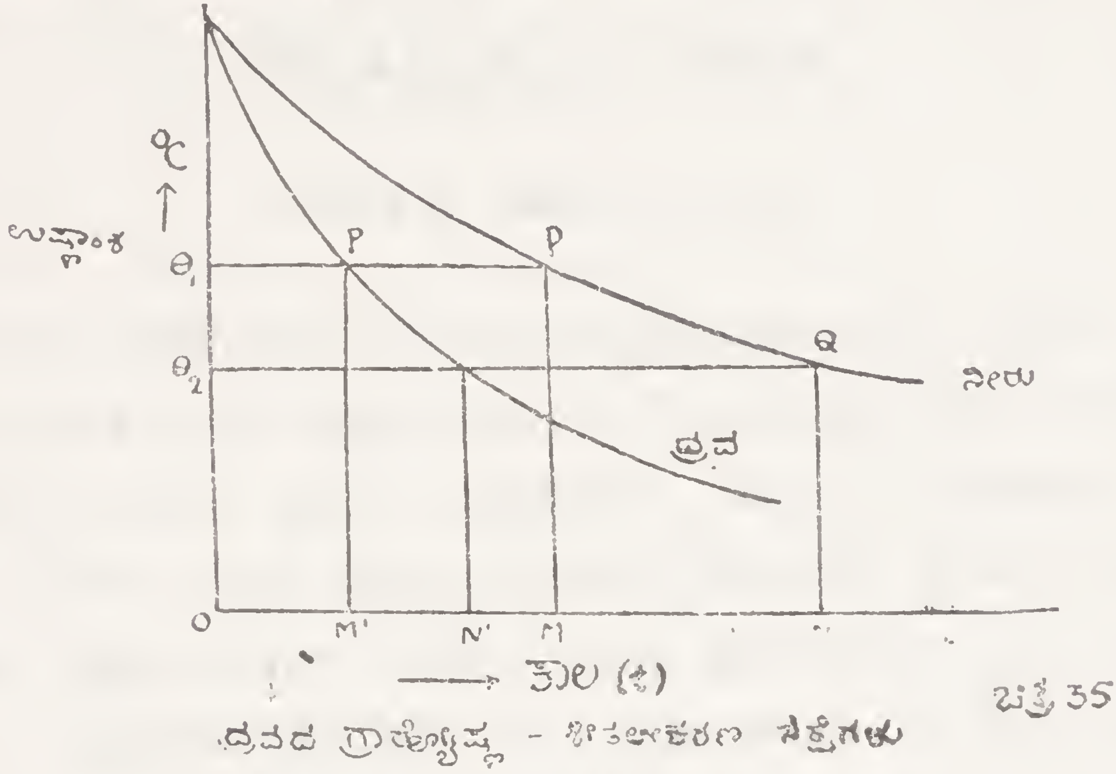
ಇದರೊಳಗೆ ಇರುವ 'B'ಯಲ್ಲಿ ಬರಿ ಗಾಳಿ ಇದೆ. ಇದಾದ ಮೇಲೆ ಒಳ ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವುದೇ 'C' ಎಂಬುದು ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ—ಇದರಲ್ಲಿ ನೀರ ನ್ನಾಗಲಿ, ಬೇರೆ ದ್ರವವನ್ನಾಗಲಿ, ಸುಮಾರು ಕಂಠದವರೆಗೆ ಒಂದೇ ಮಟ್ಟದವರೆಗೂ ಇರುವಂತೆ ತುಂಬಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಮುಚ್ಚಲು ಒಂದು ಕಾರ್ಕ್ ಇರುತ್ತದೆ—ಇದರ ಎರಡು ರಂಧ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದರ ಮೂಲಕ ಕಲಕುವ ಕಡ್ಡಿಯೂ (Stirrer) ಮತ್ತೊಂದರ ಮೂಲಕ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವೂ ಇರುತ್ತವೆ.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, C ಮತ್ತು ಕಡ್ಡಿ ಇವೆರಡರ ತೂಕವನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಇದು m gms ಇದ್ದರೆ ಆ ಲೋಹದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ σ ಇದ್ದರೆ $w = m\sigma$ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ನಂತರ ಸುಮಾರು $80^{\circ}C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಸಿ ನೀರನ್ನು C ಒಳಗೆ ಕಂಠದವರೆಗೂ ತುಂಬಿ, ಅದರ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಇಡಬೇಕು. ಕಾರ್ಕಿನೊಳಗೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಒಂದು ಗಡಿಯಾರವನ್ನು ಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, ನೀರನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕಡ್ಡಿಯ ಮೂಲಕ ಕಲಕುತ್ತ $\frac{1}{2}$ ನಿಮಿಷ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುತ್ತ ಒಂದು ಪಟ್ಟಿಮಾಡಬೇಕು—B ಯಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯು ಉಷ್ಣವಾಹಕವಲ್ಲದ್ದರಿಂದ, ಶಾಖನಷ್ಟವು ಬರೀ ಶಾಖಪ್ರಸಾರ (Radiation) ದಿಂದಲೇ ನಡೆಯುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು— ಸುಮಾರು $40^{\circ}C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೂ, ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಬೇಕು— ತರುವಾಯ ನೀರು ಸ್ವಲ್ಪ ಆರಿದ ಮೇಲೆ C ಮತ್ತು ಅದರಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನೂ ತ್ರಾಸಿನಲ್ಲಿಟ್ಟು ತೂಗಬೇಕು—ಇದರಿಂದ ನೀರಿನ ತೂಕ M gms ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಯೋಗದ ಎರಡನೆಯ ಭಾಗದಲ್ಲಿ, C ಯಲ್ಲಿರುವ ನೀರನ್ನು ಚೆಲ್ಲಿ ಮೊದಲಿನಂತೆಯೇ ಸುಮಾರು $80^{\circ}C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಬಿಸಿ ದ್ರವವನ್ನು C ಯಲ್ಲಿ ಹಿಂದಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೇ ತುಂಬಿ ಮತ್ತೆ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಅದರ ಸ್ಥಾನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು. ಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಂತೆಯೇ $\frac{1}{2}$ ನಿಮಿಷಗಳ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆದು ಗುರ್ತಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು $40^{\circ}C$ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೂ ಮುಂದುವರೆಸಿ ದ್ರವದ ತೂಕವನ್ನು M^{1} gms ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು :

ಹೀಗೆ ತಯಾರಿಸಿದ ಎರಡು ಪಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, ಸೂಕ್ತ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ, ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಕಾಲ, ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿ ನೀರು ಮತ್ತು ದ್ರವಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಿ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಎರಡು ವಕ್ರ ರೇಖೆಗಳನ್ನು (Cooling curves) ಎಳೆಯಬೇಕು. ಸುಮಾರು $5^{\circ}C$ ಅಂತರವಿರುವ ಎರಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು $\theta_1{}^{\circ}C$ ಮತ್ತು $\theta_2{}^{\circ}C$ ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸಿ ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ

ನೀರು ಮತ್ತು ದ್ರವಗಳು ಎಷ್ಟು ಕಾಲಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಗುರ್ತಿಸಬೇಕು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಇವುಗಳು



ಚಿತ್ರ 35

ದ್ರವದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ - ಶೀತಲೀಕರಣ ವಕ್ರಗಳು

$$MN = t \quad (\text{ನೀರು})$$

$$M^1N^1 = t^1 \quad (\text{ದ್ರವ})$$

ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

ಹಿಂದೆಯೇ ಸಾಧಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$\frac{M+w}{M^1S+w} = \frac{t}{t^1}$$

$S =$ ದ್ರವದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ.

ಇದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ನೊಡಲು ಸರಳವಾಗಿದೆ, ಆದರೆ ಇದರಲ್ಲಿ ಅಷ್ಟು ಯಥಾರ್ಥವಾದ ಫಲಿತಾಂಶ ಬರುತ್ತದೆಯೆಂದು ಹೇಳುವುದಕ್ಕಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ಅನಿಲಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳು

(Specific Heats of gases)

ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡವು ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಗಾತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಬಲ್ಲದು (Gases are highly compressible)—ಈ ಕಾರಣದಿಂದ ನಾವು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಶಾಖವನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಕಾಣಬರುವುವು. ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳು ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದನ್ನು ಮಾತ್ರ ನಿಯತವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಇನ್ನೊಂದರ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ—ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ನಾವು ಎರಡು ಬಗೆಯ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಈಗ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

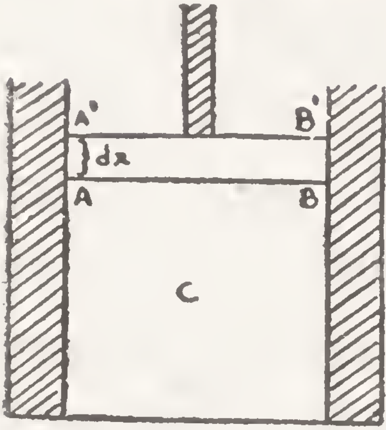
ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸದಂತೆ (ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ) ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $1^{\circ}c$ ಏರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಎಷ್ಟು ಕ್ಯಾಲರಿ ಶಾಖ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆಯೋ ಅದನ್ನು ನಿಯತ ಗಾತ್ರ ಅನಿಲ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ C_v ಎಂಬ ಸಂಕೇತವನ್ನಿಡಬಹುದು. ಹೀಗೆ ನಾವು ಕೊಡುವ ಶಾಖವೆಲ್ಲ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಅನಿಲದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿ (Internal energy) ಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ನಾವು ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಬಹುದು. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು,

ಅದರ ಒತ್ತಡವು ನಿಯತವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 1°C ಏರಬೇಕಾದರೆ ನಾವು ಎಷ್ಟು ಕ್ಯಾಲರಿ ಶಾಖವನ್ನು ಸರಬರಾಜು ಮಾಡಬೇಕೋ ಅದಕ್ಕೆ ನಿಯತ ಒತ್ತಡ ಅನಿಲ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು C_p ಎಂಬ ಸಂಕೇತವು ಇರುತ್ತದೆ. ನಾವು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ನಿಯತವಾಗಿಟ್ಟರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ನಾವು ಕೊಡುವ ಶಾಖದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಅನಿಲವು ಹಿಗ್ಗಿ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು (Volume) ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡ (external pressure) ಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವ ಅನಿಲವು ಹಿಗ್ಗುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಬಾಹ್ಯ ಕೆಲಸವು (external work) ಮಾಡಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ವ್ಯಯವಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯು ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಾವು ಒದಗಿಸುವ ಶಾಖದ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಹೊಂದಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ನಾವು ಒದಗಿಸುವ ಶಾಖರೂಪದ ಶಕ್ತಿಯು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಗೆಯಾಗಿ ವಿನಿಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. (1) ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಆಂತರಿಕ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುವುದು. (2) ಅನಿಲವು ಹಿಗ್ಗುವಾಗ ಅದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಸಮಾನ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದು. ಈ ಎರಡು ಕಾರಣಗಳಿಂದ ನಾವು ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು ಕೇವಲ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಗಾಗಿಯೇ ಉಪಯೋಗಪಡುವ C_v ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದಮೇಲೆ, ಅನಿಲದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ನಾವು ಎರಡು ಬಗೆಯ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಇವುಗಳು C_p ಮತ್ತು C_v ಎಂಬ ಸಂಕೇತಗಳಿಂದ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ವಿವರಣೆಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ C_p ಪ್ರಮಾಣವು C_v ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನಾವು ಈಗ ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಮೊದಲು ನಾವು ಅನಿಲವು ವಿಕಾಸಹೊಂದುವಾಗ ಅದು ಮಾಡುವ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಅನಿಲವು ಹಿಗ್ಗುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಮಾಲ್ಪಡುವ “ ಕೆಲಸ ”



ಚಿತ್ರ-೨೬.
ಅನಿಲದ ವಿಕಾಸ.

ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕವುಳ್ಳ ಅನಿಲವು C ಎಂಬ ಸಿಲಿಂಡರ್ (Cylinder) ನೊಳಗೆ ಅಡಗಿರಲಿ. ಈ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳು ಶಾಖಾವಾಹಕ (non-conducting) ವಾಗಿಯೂ, ಚೆನ್ನಾಗಿ ಪ್ರತಿಫಲನಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ (Polished) ಮೇಲ್ಮೈಯುಳ್ಳದ್ದಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಹಾಗೆಯೇ ಅನಿಲವನ್ನು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಪಿಸ್ಟನ್ (Piston) ಕೂಡ ವಾಯುಭದ್ರವಾಗಿಯೂ (airtight) ಶಾಖಾವಾಹಕವಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕು. ಅನಿಲವು ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅದರ ಗಾತ್ರವು ‘v’ ಇರಲಿ ಮತ್ತು ಅದರ ಒತ್ತಡವು (Pressure) p dynes per sq cm : ಇರಲಿ ಈಗ ನಾವು ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಅದು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ ಪಿಸ್ಟನಿನ ಸ್ಥಾನವು AB ಇಂದ $A^1 B^1$ ಗೆ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಅನಿಲದ ವಿಕಾಸವಾಗುವಾಗ ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಪಿಸ್ಟನಿನ ಅಡಿಭಾಗದ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲವು A sq cm ಇದ್ದು, ಅದು ಸರಿಯುವ ದೂರ dx ಆಗಿದ್ದರೆ,

ಅನಿಲದಿಂದ ಹೊರದೂಡಲ್ಪಡುವ ಬಲದ ಒಟ್ಟು ಪ್ರಮಾಣ

$=p.$ A. (ಡೈನ್‌ಗಳು) dynes.

ಅದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣ

$=p.$ A. dx ergs.

ಆದರೆ, ಅನಿಲದ ವಿಕಾಸದ ಪ್ರಮಾಣ $=$ A. dx c.c. $=$ dv

ಆದ್ದರಿಂದ ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸ $=$ p. dv.

ಇದಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ $=\frac{p.dv}{J}$

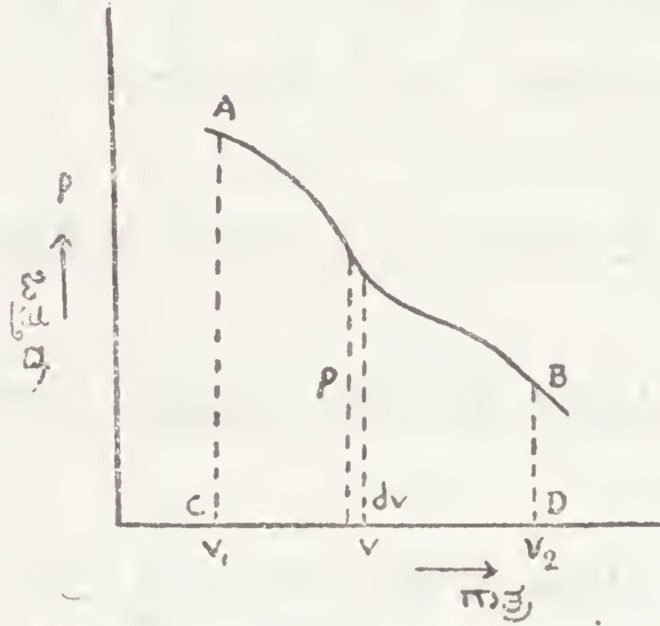
(ಒಂದು ಕ್ಯಾಲರಿ $=$ J ಎರ್ಗ್‌ಗಳು $= 4.2 \times 10^7$ ergs)

ಅನಿಲದ ಪೂರ್ವ ಗಾತ್ರವು v_1 ಆಗಿದ್ದು, ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿಯತ

ವಾಗಿ p ಇದ್ದರೆ, ವಿಕಾಸದ ನಂತರ ಗಾತ್ರವು v_2 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣ$=p\,(v_2-v_1)$

ಹೀಗೆ ಅನಿಲವು v_1 ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ v_2 ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಹಿಗ್ಗುವಾಗ, ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಅದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಟ್ಟು ಕೆಲಸವು

$$W = \int_{v1}^{v_2} p\text{-}dv. \qquad \text{ಇರುತ್ತದೆ.}$$



ಚಿತ್ರ 37. ಅನಿಲದ P-ಗಾ ನಕ್ಷೆಗಳು

ಇದನ್ನು ರೇಖಾರೂಪವಾಗಿ ಚಿತ್ರಿಸಿದರೆ, ಈ ಕೆಲಸವನ್ನು ABCD ಯ ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲದಿಂದ ಗುರ್ತಿಸಬಹುದು. ಇದರಲ್ಲಿ AC ಮತ್ತು BD ಎಂಬುವು v_1 ಮತ್ತು v_2ಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಒತ್ತಡದ ಬೆಲೆಗಳಾಗಿದ್ದು, AB ಎಂಬುದು ಇವುಗಳ ನಡುವೆ ಒತ್ತಡವು ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವ ರೇಖೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. $CD = v_2 - v_1$

ಅನಿಲದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳಿಗಿರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸಪ್ರಮಾಣ

ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನೇ ನಾವು ಮುಂದುವರೆಸಬಹುದು.

ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ತೂಕವು 1 ಗ್ರಾಂ ಇರಲಿ. ಪಿಸ್ಟನ್ AB ಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು v ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ p ಆಗಿರಲಿ. ಆಗ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ T ಇರಲಿ.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ನಾವು ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು dT ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಹೆಚ್ಚಿಸೋಣ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ, ನಾವು ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸದೆ ಇದ್ದರೆ ಪಿಸ್ಟನ್ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸರಿಯುವುದನ್ನು ತಡೆದು ಹಿಡಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆಗ, ನಾವು ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಒದಗಿಸಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು C_v dT ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸುವಾಗ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು dT ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಏರಬೇಕು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ, ಗಾತ್ರವು ಹಿಗ್ಗುವುದಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ, ಪಿಸ್ಟನ್ AB ಇಂದ $A^1 B^1$ಗೆ ಸರಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣ p ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ನಾವು ಒದಗಿಸುವ ಒಟ್ಟು ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣ C_p. dT ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಇದು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧವಾಗಿ ವಿನಿಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.

(i) ಅನಿಲದ ಅಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುವುದು ಇದರ ಪ್ರಮಾಣ C_v. dT.

(ii) ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣ $dw = p.dv$. ಇದನ್ನು ಹಿಂದೆ ಸಮರ್ಥಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದು ಶಕ್ತಿ ಮಾನದಲ್ಲಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಶಾಖದ ಮಾನಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿಸಿದರೆ,

$$\frac{dw}{J} = \frac{pdv}{J}$$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $C_p.\ dT = C_v.\ dT + \frac{p.\ dv}{J}$

ನಾವು ತೆಗೆದುಕೊಂಡಿರುವ ಅನಿಲವು ಪೂರ್ಣಾನಿಲವೆಂದು ಗಣಿಸಲ್ಪಡುವುದರಿಂದ (Perfect gas) ಅದರ ಸಮೀಕರಣವು $pv = rT$

(ಇಲ್ಲಿ r ಎಂಬುದು 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲದ ನಿಯತಾಂಕ)

$$pdv + vdp = r.\,dT$$

ಇಲ್ಲಿ 'p' ಬದಲಾವಣೆ ಆಗದಿರುವುದರಿಂದ $dp = 0$

$$\therefore pdv = r.\,dT$$

$$\therefore C_p\,dT = C_v.\,dT + \frac{r.\,dT}{J}$$

$$\therefore C_p = C_v + \frac{r}{J}$$

$$(C_p - C_v) = \frac{r}{J}$$

1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಬದಲು, ಗ್ರಾಂ ಅಣು ತೂಕದ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದ M ಗ್ರಾಂ ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$\therefore M\ (C_p - C_v) = \frac{Mr}{J}$$

$$\therefore MC_p - MC_v = \frac{Mr}{J}$$

ಅಥವಾ $$C_p - C_v = \frac{R}{J}$$

ಇಲ್ಲಿ C_p ಮತ್ತು C_v ಎಂಬುದು ಅಣು ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯ ವಾಗುತ್ತವೆ (ಅಂದರೆ, M ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದುದು). ಹಾಗೆಯೇ $R = M.\,r$ ಎಂಬುದು ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಅನಿಲ ನಿಯತಾಂಕ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. (universal gas constant) ಇದನ್ನು ಮೇಯರ್ ಸಮೀ ಕರಣ (Meyer's Formula) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈಗ ಜಲಜನಕದ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಪ್ರಯೋಗ ಗಳ ಪ್ರಕಾರ

$C_p = 3.40$ ಕ್ಯಾ/ಗ್ರಾಂ/$^\circ$C

$C_v = 2.42$ —,,—,,—

$R = 8.31 \times 10^7$ ergs.

ಜಲಜನಕದ ಗ್ರಾಂ ಅಣುತೂಕ $M = 2.016$ ಗ್ರಾಂ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$J = \frac{r}{C_p - C_v}$$

$$= \frac{R}{M(C_p - C_v)} = \frac{8.31 \times 10^7}{2.016\,(3.40 - 2.42)}$$

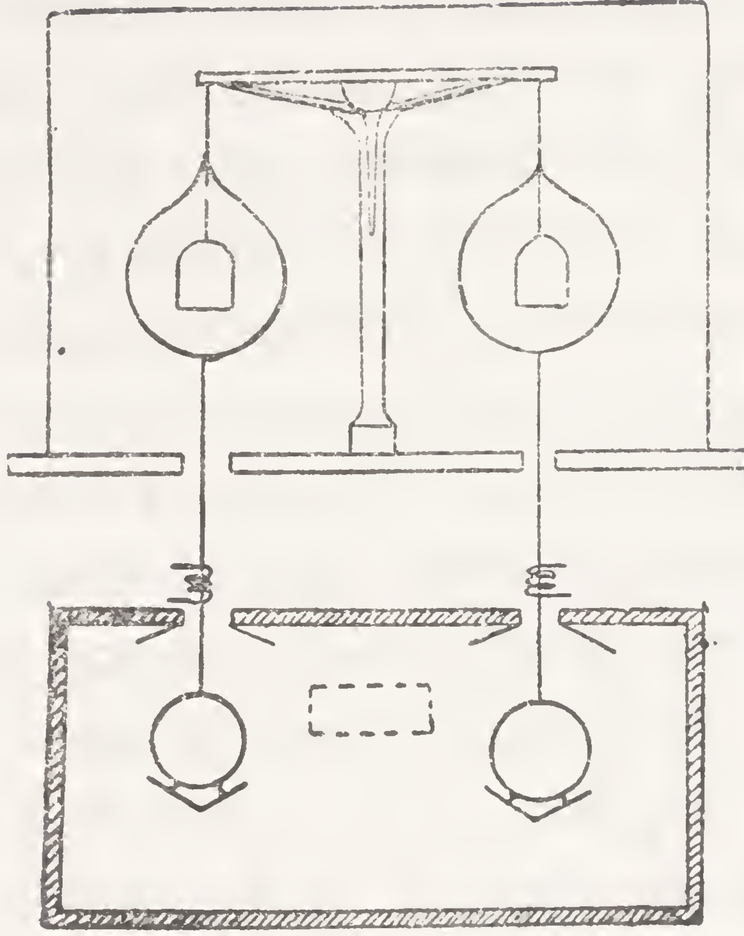
$$= 4.21 \times 10^7$$ ಅರ್ಗ್/ಕ್ಯಾಲರಿ

'J'ಯ ಬೆಲೆಯು ಮಿಕ್ಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾದ ಬೆಲೆಗಳಿಗೆ ಸಮಾನ ವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ನಮ್ಮ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು.

ಈಗ ಅನಿಲಗಳ ಎರಡು ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗಿದೆ. ಮೊದಲು C_vಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗವು ಜಾಲಿಯ ಡಿಫೆರೆನ್ಷಿಯಲ್ ಸ್ಟೀಮ್ ಕೆಲರಿ ಮೀಟರ್ (ವ್ಯತ್ಯಸ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ) (Joly's Differential Steam Calorimeter) ಎಂಬ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ ನಿಯತ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣದ ಅನಿಲವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಉಳ್ಳ ಪಾತ್ರೆಯ ಉಷ್ಣ ಗ್ರಾಹ್ಯತೆ (Thermal Capacity)ಯನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದೆ ಹೋದರೆ, ಅನಿಲದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನು ನಿಖರ ವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ದೋಷವನ್ನು ನಿವಾರಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಜಾಲಿಯು ತನ್ನ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಗೋಳಾ ಕೃತಿಯ ತಾಮ್ರದ ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ತೂಗಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ಆಧಾರ ಪಾತ್ರೆಯ ಗ್ರಾಹ್ಯತೆಗೆ ಪರಿಹಾರವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಇದೇ ಈ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಗುಣ. ಇದರಿಂದ, ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣ ಗ್ರಾಹ್ಯತೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ಲೆಕ್ಕಕ್ಕೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯ ಭಾಗಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

A ಮತ್ತು B ಎಂಬುವು ಎರಡು ತಾಮ್ರದ ಗೋಳಾಕೃತಿಯ ಪಾತ್ರೆಗಳು. ಇವುಗಳ ವ್ಯಾಸ ಸುಮಾರು 7 cm ಇದ್ದು ಎರಡೂ ಒಂದೇ



ಚಿತ್ರ 38.
(Joly's Differential Steam Calorimeter)

ಸಮನಾಗಿರುತ್ತವೆ. ತ್ರಾಸಿನ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಿಂದಲೂ, ಈ ಎರಡು ಗೋಳಗಳು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಗಳಿಂದ ನೇತುಹಾಕಲ್ಪಟ್ಟವೆ ಇವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಬಾಷ್ಪಾಲಯ (Steam Chamber)ದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ

(1) ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಎರಡು ಗೋಳಗಳನ್ನೂ ವಾಯುರಹಿತವಾಗಿ ಮಾಡಿ ತೂಕಮಾಡಬೇಕು.

(2) ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಅನಿಲವನ್ನು A ಎಂಬ ಗೋಳದಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 22 ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ (Pressure of 22 atmospheres) ಒಳಪಡಿಸಿ, ತುಂಬಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಸರಿಯಾಗಿ ತ್ರಾಸಿನಲ್ಲಿ ತೂಗಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲದ ಜಡಮಾನ M ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ. ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು (t_1°c) ಗೋಳಗಳು ಹೊಂದಿದ ನಂತರ, ಬಾಷ್ಪಾಲಯದೊಳಕ್ಕೆ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಹಾಯಿಸುವಾಗ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ಗೋಳಗಳನ್ನು ಎತ್ತಿ ಹಿಡಿದಿರುವ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಗಳು ಬಾಷ್ಪಾಲಯದೊಳಗೆ ಹೋಗುವ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಆವಿಯು ದ್ರವೀಭೂತವಾಗಿ ತಂತಿಗಳಿಗೆ

ಅಡಚಣೆಯನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡದಂತೆ ಆವರಣದ ರಂಧ್ರವನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತಟ್ಟೆಯಿಂದ ಮುಚ್ಚಿ, ಆ ತಟ್ಟೆಯೊಳಗೆ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ತಂತಿಗಳು ಹೋಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ ತಂತಿಯ ಮೇಲೆ ನೀರಿನ ತುಂತುರುಗಳು ಅಂಟಿಕೊಳ್ಳದಂತೆ ಅದರ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದು ಸುರಳಿಯನ್ನು ಸುತ್ತಿ ಆ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿಯನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಿದರೆ ಆ ಶಾಖದಿಂದ ನೀರಿನ ತುಂತುರುಗಳು ಆವಿಯ ರೂಪಹೊಂದುವುವು.

ಎರಡು ಗೋಳಗಳಿಗೂ ತಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಸೇರಿಕೊಂಡಂತೆ ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಜಲಗ್ರಾಹಕಗಳನ್ನು ಇಡಬೇಕು—(Catch-water pans) ಬಾಷ್ಪಾಲಯದೊಳಗೆ ನೀರಿನ ಆವಿಯು ಹಾಯುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಆವಿಯು ತನ್ನ ಶಾಖವನ್ನು ಎರಡು ಗೋಳಗಳಿಗೂ ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಕೊಟ್ಟು, ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನೀರಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ (t_2°c) ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಎರಡು ಗೋಳಗಳೂ ಅವುಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲಗಳೂ ಕೂಡ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ t_1°c ನಿಂದ t_2°cಗೆ ಏರುತ್ತವೆ. ಈ ಶಾಖವು, ಆವಿಯು t_2°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನೀರಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಬರುವುದು. ಎರಡು ಗೋಳ ಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಸೇರಿಕೊಂಡಿರುವ ಜಲಗ್ರಾಹಕ ತಟ್ಟೆಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಯಾವ ಗೋಳದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ಅಡಕವಾಗಿದೆಯೋ ಅದಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ ತಟ್ಟೆಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿದ ನೀರಿನ ತೂಕವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಬಾಷ್ಪಾಲಯಕ್ಕೆ ಹಾಯಿಸಿದ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದ ಮೇಲೆ, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆಗ, ತ್ರಾಸಿನ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಸಮತೂಕವಾಗುವಂತೆ, ತೋಲನ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಲು, m ಗ್ರಾಂಗಳ ತೂಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ,

$$mL = MC_v (t_2 - t_1)$$

$$C_v = \frac{mL}{M (t_2 - t_1)}$$

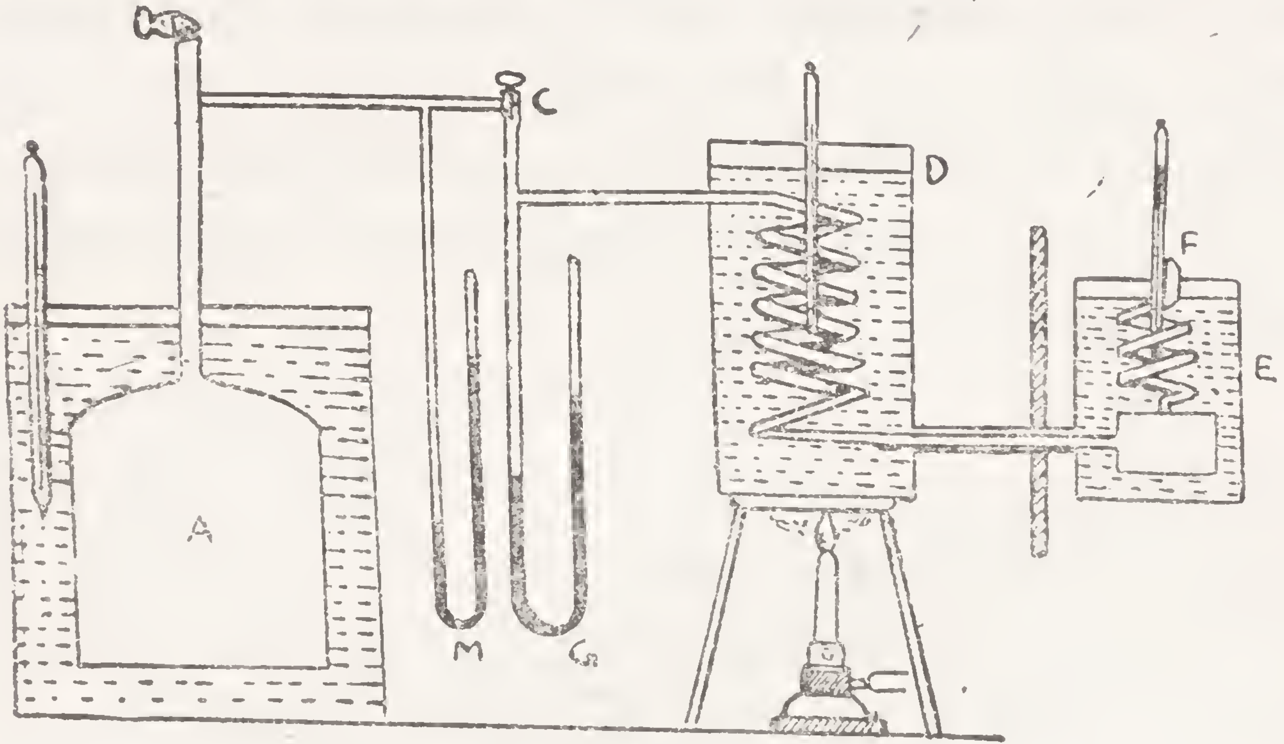
ಇಲ್ಲಿ L ಎಂಬುದು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ.

M = ಮೊದಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿದ ಅನಿಲದ ಜಡಮಾನ. ಎರಡು ಗೋಳಗಳ ಉಷ್ಣಗ್ರಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿಲ್ಲದಿರಬಹುದಾದ ಸಂಭವವಿರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಅನಿಲದಿಂದ ತುಂಬಿರುವ ಗೋಳದ ವಿಕಾಸದಿಂದ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಗಾತ್ರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

C_pಯ ಅಳತೆ—ರೆಯ್ನೋವಿನ ಉಪಕರಣ

Regnault's method for finding Cp of a gas

ಕ್ರಿ. ಶ. 1862ರಲ್ಲಿ ರೆಯ್ನೊ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ಅನಿಲಗಳ C_pಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (39) ತೋರಿಸಿದಂತಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 39
ಅನಿಲದ C_p ಕಂಡುಹಿಯುವ ಬಗೆ – ರೆಯ್ನೋ ಉಪಕರಣ.

A ಎಂಬ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಆಶಯ (Reservoir) ದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ ಅನಿಲವು ಶೇಖರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ—ಈ ಆಶಯವನ್ನು ನಿಯತವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ನೀರಿನ ತೊಟ್ಟಿಯು (Water Bath) ಆವರಿಸಿರುತ್ತದೆ. M ಎಂಬ ಒತ್ತಡಮಾಪಕದಿಂದ A ನಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಮುಂಚಿತವಾಗಿಯೂ ನಂತರವೂ ಈ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಅಳೆಯು

ವುದರಿಂದ, ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲದ ತೂಕವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

A ಇಂದ ಹೊರಟ ಅನಿಲವು C ಎಂಬ ಕವಾಟ (Valve) ದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು D ಎಂಬ ತೈಲ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುವ S ಎಂಬ ಉದ್ದವಾದ ತಾಮ್ರದ ಮುರಸುತ್ತಿನ (Copper Spiral) ಮುಖಾಂತರ ಪ್ರಸಾರಮಾಡಿ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ E ಎಂಬ ಒಂದು ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕ (Calorimeter) ವನ್ನು ಒಳಹೊಗುತ್ತದೆ—D ಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣ ಮಟ್ಟವು ಸುತ್ತಲೂ ಆವೃತವಾಗಿರುವ ತೈಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉಷ್ಣಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲವು Eಯ ಮೂಲಕ ಹೋಗುವಾಗ, ಅದರಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸುತ್ತದೆ— ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣವು ಚೆನ್ನಾಗಿ ನೀರಿನಿಂದ ಗ್ರಹಣವಾಗಲು ಅನುಕೂಲವಾಗುವಂತೆ ಅನಿಲವು ಒಂದು ತೆಳುವಾಗಿಯೂ, ವಿಶಾಲವಾಗಿಯೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯ ಅರೆ (Chambers)ಗಳಾಗಿ ಭಾಗವಾಗಿರುವ ಹಿತ್ತಾಳೆಪಾತ್ರೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಮುರಸುತ್ತು ನಾಳಿಕೆಯ (F) ಮೂಲಕ ಹೊರಗಿನ ವಾತಾವರಣಕ್ಕೆ ಸೇರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಯೋಗ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಸಂಚಾರವು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಇರುವಂತೆಯೂ, G ಎಂಬ ನೀರಿನ ಒತ್ತಡಮಾಪಕವು ಒಂದೇ ಮಟ್ಟ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (Difference of level) ವನ್ನು ತೋರಿಸುವಂತೆಯೂ, C ಎಂಬ ಕವಾಟದ ಮೂಲಕ ಅನಿಲದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಣಮಾಡುತ್ತಿರಬೇಕು. ಇದರಿಂದ, A ಆಶಯದಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಇಳಿಯುತ್ತಿದ್ದರೂ ತೈಲ ಆವರಣದಲ್ಲಿಯೂ ಕೆಲರಿಮೀಟರ್ ಮೂಲಕ ಸಂಚಾರಮಾಡುವಾಗ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಅನಿಲದ C_pಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕೆಳಗೆ ನಮೂದಿಸಿರುವ ಅಂಶಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿ, ಸರಿಯಾದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು—

$C_t =$ ಅನಿಲದ ನಿಯತ ಒತ್ತಡ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ

$t_1 =$ ತೈಲ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ

t_2 = ಕೆಲರಿಮಿಾಟರ್‌ನ ನೀರಿನ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ

t_3 = — ,, — ಅಂತ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ

W = ಕೆಲರಿಮಿಾಟರ್, ಹಿತ್ತಾಳೆಪಾತ್ರೆ ಮತ್ತು F ಸುರಳಿ ಇವುಗಳ ಸಮಾನ ಜಲತೂಕ.

m_1 = ಕೆಲರಿಮಿಾಟರ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ತೂಕ

m = ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಸಂಚಾರಮಾಡುವ ಅನಿಲದ ತೂಕ

ಕೆಲರಿಮೀಟರ್ ಮತ್ತು ನೀರು—ಇವುಗಳು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿರುವ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರಮಾಣ $=(m_1+w)\ (t_3-t_2)$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳು ; ಅನಿಲದಿಂದ ಕೊಡಲ್ಪಟ್ಟ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರಮಾಣ

$$= m\,c_p\left\{t_1 - \frac{t_2+t_3}{2}\right\}$$

ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ಸಮಾನವಾಗಿರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$m\,c_p\left(t_1 - \frac{t_2+t_3}{2}\right) = (m_1+w)\,(t_3-t_2)$$

ಅನಿಲದ ತೂಕ (m) ವನ್ನು ತಿಳಿಯುವ ಬಗೆ :—

p_1 ಮತ್ತು p_2 = A ಆಶಯದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಮತ್ತು ಅಂತ್ಯ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳು

V = A ಆಶಯದ ಗಾತ್ರ (Volume)

ρ_1, ρ_2 = ಅನಿಲದ ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ಅಂತ್ಯ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು

ρ_o = N.T.P. ಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ

$T^\circ C$ = A ಆಶಯದ ಉಷ್ಣಾಂಶ (ಸೆಂಟಿಗ್ರೇಡ್‌ಮಾನ)

R' = ಅನಿಲದ ನಿಯತಾಂಕ (Gas constant) $= \frac{R}{M}$

M = ಮಾಲೆಕುಲರ್ ತೂಕ

ಈಗ $\frac{p_1}{\rho_1} = R'\ (273+T)$ ಅಥವಾ $\rho_1 = \frac{p_1}{R'(273+T)}$

ಹಾಗೆಯೇ $\frac{p_2}{\rho_2} = R'\ (273+T)\ \rho_2 = \frac{p_2}{R'(273+T)}$

$$(\rho_1-\rho_2) = \frac{p_1-p_2}{R'\ (273+T)}$$

$$\frac{76}{\rho_0} = R' \times 273 \quad \text{ಅಥವಾ} \quad R' = \frac{76}{273\,\rho_0}$$

$$\therefore \ (\rho_1 - \rho_2) = \frac{(P_1 - P_2)}{76} \quad \frac{273}{273 + T} \quad \rho_0$$

$$m = V \times (\rho_1 - \rho_2)$$

$$= V \cdot \frac{p_1 - p_2}{76} \times \frac{273}{(273+T)} \times \rho_0$$

(p_1 ಮತ್ತು p_2 ಎಂಬ ಒತ್ತಡಗಳು ಪಾದರಸದ cm ಗಳಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಹಾಗೆಯೆ 76 cms = ಒಂದು ಆದರ್ಶ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣ (standard Atmosphere)

ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳು
(Corrections)

ರೆಯ್ನೋ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೇಲಿನ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ ಹಲವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆ ಕ್ರಮಗಳನ್ನೂ ದೋಷಗಳ ಪರಿಹಾರಕ್ಕೆ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನೂ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಅವನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದ C_pಯ ಬೆಲೆಯು ಇತ್ತೀಚಿನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಿದ ಬೆಲೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿದೆ.

1) ತೈಲ ಆವರಣದ ಪಾತ್ರೆಯ ಶಾಖವು ನೇರವಾಗಿ ಕೆಲರಿಮೀಟರ್‌ಗೆ ಬರದಂತೆ, ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯೆ ಒಂದು ಪ್ರತಿಬಂಧಕವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದನು. ಇಷ್ಟಾದರೂ ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ತಗಲುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

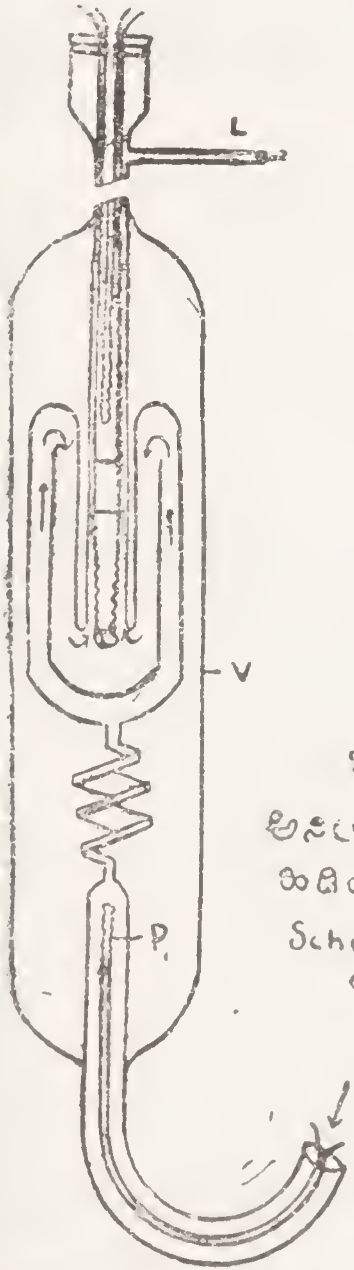
2) ಪ್ರಯೋಗಕಾಲವು ಹೆಚ್ಚು ವಿಳಂಬದಿಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲರಿಮೀಟರ್‌ನಿಂದ ಹೊರಗಿನ ವಾತಾವರಣಕ್ಕೆ ಕಳೆದು ಹೋಗುತ್ತಿರುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು ಇದಕ್ಕಾಗಿ, ಅಂತ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ t_3ಗೆ ಬೇಕಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿಯನ್ನು (Radiation Correction) ಸೇರಿಸಬೇಕು.

ಇವುಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ರೆಯ್ನೋ ಬಹಳ ಚಾತುರ್ಯದಿಂದಲೂ, ಹಲವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತುಹಚ್ಚಿ, ಕಂಡುಹಿಡಿದುದರಿಂದ C_pಯ ಬೆಲೆಯು ಬಹಳ ಸಮಂಜಸವಾಗಿರುವಂತೆ ಆಯಿತು.

C_p ಅವಿರತ ಪ್ರವಾಹದ ವಿಧಾನದ ಪ್ರಯೋಗ

(Continuous Flow Method for C_p)

ಉಷ್ಣಸಮಕಾರ್ಯ (Mechanical equivalent of heat) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕ್ಯಾಲೆಂಡರ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡುಮಾಡಿ ಸ್ವಾನ್ ಅವನನಂತರ ಷೀಲ್ ಮತ್ತು ಹಾಯ್ಸ್ (Scheel and Heuse) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಅನಿಲಗಳ C_p ಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ—180°C ನಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Room temperature) ದವರೆಗೂ C_pಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಅವರು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ಮುಖ್ಯಾಂಶಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಾಣಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 40
ಅನಿಲದ C_p ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ
Scheele & Heuse ಉಪಕರಣ

ಕೆಲರಿಮಿಟರ್ ಗಾಜಿನದು. ಇದನ್ನು V ಎಂಬ ದೇವಾರ್ (Dewar Vacuum Flask) ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಇಟ್ಟಿದೆ. ಇದರ ಒಳಗಡೆ (ಪ್ರತಿಫಲಿಸುವ) ಹೊಳಪಿನ ಮೇಲ್ಮೈಯಿರುವುದರಿಂದ ಬಾಹ್ಯಶಾಖ ನಷ್ಟಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದು. ಇವೆರಡನ್ನೂ ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿದೆ. ಅನಿಲವು ಮೂಲಕ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಸೇರುವುದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ, ಹೊರಗಿನ ಜಲ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇರುವ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ನಳಿ (Copper Spiral)ಯ ಮೂಲಕಹಾಯುವುದರಿಂದ, ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ, ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು P_1ಎಂಬ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಅನಿಲವು ನಳಿಯ ಮೂಲಕ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗಿ, ಎರಡು ಗೋಡೆಗಳ ನಡುವೆ ಕೆಳಗಿನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೂ,

ಮೇಲಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಗೆರೆಗಳ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿದೆ. ನಂತರ ಅನಿಲವು H ಎಂಬ ಶಾಖದ ಸುರಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸುರಳಿಯು ಪಾತ್ರೆಯ ಒಳಗಡೆ ಇರುವುದರಿಂದ ಶಾಖವೆಲ್ಲವೂ ಅನಿಲದ ಪ್ರವಾಹದಲ್ಲಿಯೇ ಅಡಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದೆ ಅನಿಲವು G ಎಂಬ ತ್ರಾಮ್ರದ ಅರಿವೆ (Copper Gauze) ಯ ಮೂಲಕ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಸಾಗಿ ಕೊನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು P_2 ಎಂಬ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸಿದ ನಂತರ, L ಮುಖಾಂತರ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಬಿಡುತ್ತದೆ

ಶಾಖದ ಸುರಳಿಯ ಎರಡು ಕೊನೆಗಳ ನಡುವೆ ವಿದ್ಯುನ್ಮಟ್ಟದ ಅಂತರ (P.D) = E ವೋಲ್ಟ್‌ಗಳು.

ಪ್ರವಹಿಸುವ ವಿದ್ಯುಚ್ಛಕ್ತಿ = I ಆಂಪೀರ್‌ಗಳು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಅನಿಲದ ತೂಕ = m.

ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆ $= \delta\theta$

ಬಾಹ್ಯ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಶಾಖದ ನಷ್ಟ $= h$

$$\frac{EI}{J} = m\, c_p . \delta\theta + h$$

ಪ್ರವಾಹದ ದರಗಳನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿ ಬೇರೆಬೇರೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, 'h'ನ ಬೆಲೆಯು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತೆಗೆದು ಹಾಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಹೇಗೆಂದರೆ, ಇನ್ನೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ

$$\frac{E' I'}{J} = m'\, c_p . \delta\theta + h$$

$$(m - m^1)\, c_p . \delta\theta = \frac{E\,I - E'\,I'}{J}$$

ಅಥವಾ $$c_p = \frac{E\,I - E'\,I'}{J\,(m - m')\,\delta\theta}$$

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಮೂಲ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಹೀಗಿವೆ—

ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಗಾಳಿಯ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ (C_p)	ಉಷ್ಣಾಂಶ	ಗಾಳಿಯ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ
$20^{\circ}C$	0.2408—	$-183^{\circ}C$	0 2525
—78C	0.2432		

ಸಮತಾಪಕ ಮತ್ತು ಸಮೋಷ್ಣ ಬದಲಾಣೆಗಳು

(Isothermal and adiabatic changes)

ಸಂಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಏನು ಬದಲಾವಣೆಗಳಾದರೂ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನಿಲದ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಂಡಿರಬೇಕು. ಆದರೂ, ತಾತ್ತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಕೆಲವು ಆದರ್ಶ ರೀತಿಯ (ideal) ಪರಿವರ್ತನೆಗಳು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು.

ಈಗ ಚಿತ್ರ 36ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ಒಂದು ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ವಿಕಾಸ, ಮರ್ದನ (expansion and Compression)ಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗುವಂತೆ ಮಾಡುವುದರ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಕೆಲವು ಮೂಲ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

1. ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಸರಿಯುವಾಗ ಪಿಸ್ಟನ್ (Piston ನ ಚಲನವು ನಿರಾತಂಕವಾಗಿರ (Frictionless)ಬೇಕು.

2. ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಆವರಣಗಳು (walls) ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಶಾಖವಾಹಕ (heat-conducting) ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ರಚಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರಬೇಕು.

3. ಪಿಸ್ಟನಿನ ಚಲನವು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸಾಗಬೇಕು.

ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಪಿಸ್ಟನ್‌ನನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಒಳಕ್ಕೆ ನೂಕಿ, ಅನಿಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿಸಿದರೆ, ಈ ಹೆಚ್ಚು ಕೆಲಸವು ಶಾಖವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆಹೊಂದಿ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಚಲನಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಲು ಕಾರಣವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಆವರಣಗಳು ಶಾಖವಾಹಕಗಳಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಅಧಿಕಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿಯು ಸುತ್ತಲಿನ ವಾತಾವರಣಕ್ಕೆ ವ್ಯಯವಾಗಿ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮೊದಲಿನಂತೆಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಪಿಸ್ಟನನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಳೆದರೆ, ಅನಿಲವು ವಿಕಾಸಹೊಂದಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಆವರಣದ ಮೂಲಕ ಶಾಖವು ಬರುವ ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮೊದಲಿದ್ದಷ್ಟೇ ಇರುತ್ತದೆ—ಈ ತೆರನಾದ ಒತ್ತಡ, ಗಾತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಒಂದೇ ನಿಯತವಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವುದರಿಂದ ಇವುಗಳನ್ನು **ಸಮತಾಪಕ** (Isothermal) ಬದಲಾವಣೆಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಮತ್ತೊಂದು ವಿಧವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನೂ ಮಾಡಬಹುದು. ಇವುಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿಸಲು, ಹಿಂದಿನ ಉದಾಹರಣೆಯಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಬೇಕು. ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಆವರಣಗಳೂ, ಪಿಸ್ಟನ್‌ನ ಶಿರ (Piston-head) ವೂ ಶಾಖನಿರೋಧಕ (heat-insulating) ವಸ್ತುವಿನಿಂದ ರಚಿತವಾಗಿದೆ ಎನ್ನೋಣ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಪಿಸ್ಟನನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ನೂಕುವುದರ ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿದರೆ, ಅಣುಗಳ ಅಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ವೃದ್ಧಿಹೊಂದಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಇದು ಹೊರಕ್ಕೆ ಹೋಗಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲದ್ದರಿಂದ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರುವಿಕೆಯು ಅನಿಲದಲ್ಲಿಯೇ ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಹಾಗೆಯೇ ಪಿಸ್ಟನನ್ನು ಹೊರಗೆ ಎಳೆಯುವುದರಿಂದ ಅನಿಲವು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಹೊರಗಿನಿಂದ ಶಾಖವು ತಲುಪಲು ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅಂತಿಮವಾಗಿ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಹೊರಗಿನ ವಾತಾವರಣಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಡಿದು ಹಾಕಿರುವುದರಿಂದ, ಶಾಖವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿಲ್ಲ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಸಮಾನೋಷ್ಮ ಅಥವಾ 'ಎಡಿಯಬಾಟಿಕ್' (adiabatic) ಬದಲಾವಣೆಗಳೆಂದು ಹೆಸರು.

ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಆದರ್ಶ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರುವುದ

ರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ನಡೆಯುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಅಲ್ಪಸ್ವಲ್ಪ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವು ಇದ್ದೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡುವುದರ ಮೂಲಕ ಆದರ್ಶ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಮೀಪವಾಗಿ ಹೋಗಬಹುದು ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ಶಬ್ದದ ಅಲೆಗಳ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ, ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಏಡಿಯಾಬಾಟಿಕ್ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆಯೆಂದು ಗಣಿಸಬಹುದು.

ಈ ಎರಡು ವಿಧವಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಈ ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ.

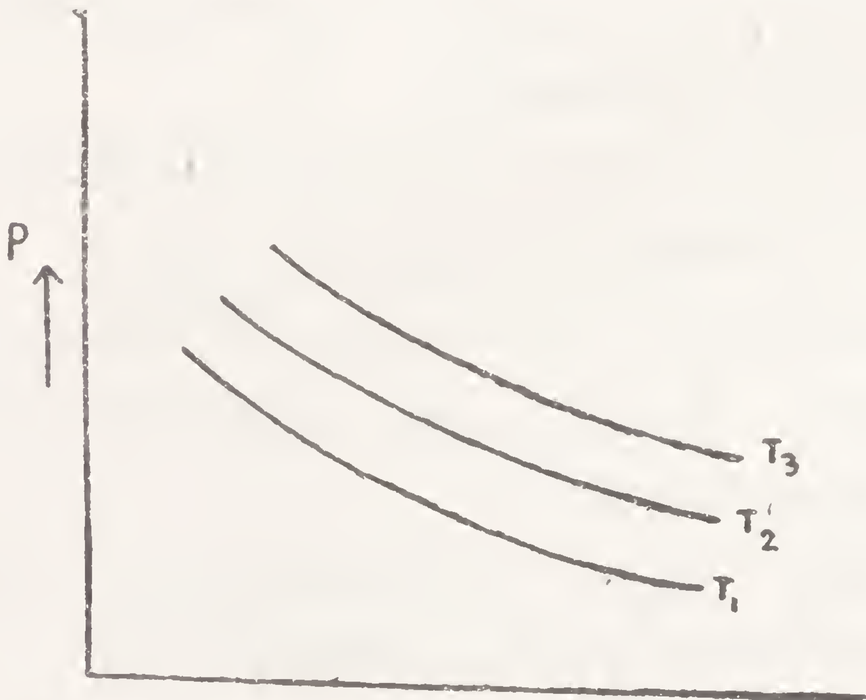
1. **ಸಮತಾಪಕ ಬದಲಾವಣೆಗಳು**(Isothermal):

(a) ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇನಿಯಮಿತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ನಡೆಯುವುವು.

(b) ಅನಿಲವು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ, ಹೊರಗಿನಿಂದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಶಾಖವು ಒದಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಕಡಮೆಯಾದಾಗ, ಅಧಿಕವಾಗಿ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಶಾಖವು ಹೊರಗೆ ವಿಸರ್ಜಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ.

(c) ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು

$pv = \text{Constant}$. ಇರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ ೫। ಅನಿಲದ ಸಮತಾಪಕ ರೇಖೆಗಳು (Isothermals)

ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ನಕ್ಷೆಯು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ (41) ತೋರಿಸಿದೆ.

2. **ಸಮಾನೋಷ್ಮ ಬದಲಾವಣೆಗಳು** (Adiabatic changes)

(a) ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳಲ್ಲಿ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಹೊರಗಿನ ವಾತಾವರಣಕ್ಕೂ ಶಾಖವಿನಿಮಯವು ನಿರೋಧಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ.

(b) ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಅನಿಲವು ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚ (Compression)ವನ್ನು ಹೊಂದಿದರೆ, ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ.

(c) ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು

$pv^{\gamma} = \text{Constant}$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ $$\gamma = \frac{C_p}{C_v}$$

ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ನಕ್ಷೆಯು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ

ಸಂಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದ ಏಡಿಯೊಬಾಟಿಕ್ ಸಮೀಕರಣ

(Equation of an adiabatic for a perfect gas)

ನಾವು ಪರಿಶೀಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅನಿಲದ ತೂಕವು 1 ಗ್ರಾಂ ಇರಲಿ, ಇದರ ಒತ್ತಡ, ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ—ಇವುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ, p, v ಮತ್ತು T (absolute)ಗಳಾಗಿರಬಹುದು.

ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಅನಿಲಕ್ಕೆ dQ ಪರಿಮಾಣದ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸಿದಲ್ಲಿ ಅದು ಈ ಕೆಳಗೆ ಕಂಡಂತೆ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ.

(i) ಅನಿಲದ ಅಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು dU ಪ್ರಮಾಣದಿಂದ ಏರುತ್ತದೆ.

(ii) ಬಾಹ್ಯ ಕೆಲಸವನ್ನು dW ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಾಡುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ವಿನಿಯೋಗವಾಗಬಹುದು.

ಶಾಖ ಚಲನ ಶಾಸ್ತ್ರದ (Thermodynamics) ಮೊದನೆಯ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ, ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಸಮತೂಗಿಸಿದರೆ,

$$dQ = dU + dW$$

ಏಡಿಯಬಾಟಿಕ್ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯದ ಅವಕಾಶ ವಿಲ್ಲದ್ದರಿಂದ, $dQ=0$

$$\because\ dU+dW=0$$

ಈ ಬದಲಾವಣೆಯಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು 'p' ಯಾಗಿದ್ದು, ಗಾತ್ರಭೇದವು dV ಯಾಗಿಯೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಯು dT ಯಾಗಿಯೂ ಇದ್ದಲ್ಲಿ.

$$dU=C_v.\ dT \quad \text{(ಶಾಖಮಾನದಲ್ಲಿ)}$$

(C_v = ನಿಯತ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ)

$$dW=\frac{pdv}{J} \quad \text{(ಶಾಖಮಾನದಲ್ಲಿ)}$$

$$\therefore\ \frac{pdv}{J}+C_v\,dT=0$$

ಅನಿಲವು ಸಂಪೂರ್ಣ ಅನಿಲವಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$pv=rT \quad \text{(r = ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲದ ನಿಯತಾಂಕ)}$$

ಇದನ್ನು ಡಿಫರೆಂಷಿಯೇಟ್ ಮಾಡುವುದರಿಂದ,

$$p.\ dv+v.\ dp=r.\ dT$$

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ, dT ಯನ್ನು ತೆಗೆದರೆ, P ಮತ್ತು v ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸಮೀಕರಣ ಬರುತ್ತದೆ

$$dT=\frac{P.\ dv+vdP}{J}$$

$$\therefore\ \frac{P.\ dv}{J}+C_v.\ \frac{P.\ dv+v.\ dP}{J}=0$$

ಅಥವಾ ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ....ಸಮರ್ಥಿಸಿರುವಂತೆ

$$(C_p-C_v)=r/J$$

$$\therefore\ r=J\,(C_p-C_v)$$

$$\therefore\ \frac{P.\ dv}{J}+C_v\frac{P.\ dv+v.\ dp}{J\,(C_p-C_v)}=0$$

ಅಥವಾ $(C_p - C_v)\, P.\, dv + C_v\, (P.\, dv + v.\, dp) = 0$

$$C_p\, p.dv - C_v \text{ or } p\cdot dv + C_v\, p\cdot dv + C_v\, v\, dp = 0$$

$$C_v\, v\, dp + C_p\, P,\, dv = 0$$

$C_v.P.V$ ಇಂದ ಭಾಗಿಸುವುದರಿಂದ

$$\frac{dp}{p} + \frac{C_p}{C_v}\quad dv = 0$$

ಆದರೆ $\frac{C_p}{C_v} = \gamma$ ಇರುವುದರಿಂದ,

$$\frac{dp}{p} + \gamma \quad \frac{dv}{v} = 0$$

ಇದನ್ನು ಇನ್‌ಟಿಗ್ರೇಟ್ ಮಾಡಿದರೆ

$$log_e\, p + \gamma\ log_e.\ v = \text{Constant}$$

ಅಥವಾ, $pv^r = \text{Constant} = K$

ಇದೇ, P ಮತ್ತು Vಗಳನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣ, ಸ್ವಲ್ಪ ಬದಲಾವಣೆಮಾಡಿರೆ, P ಮತ್ತು T ಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆಯೂ, V ಮತ್ತು T ಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆಯೂ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

$$pv^r = K$$

ಆದರೆ $V = \frac{r\,T}{p}$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$P\left(\frac{r\ T}{p}\right)^r = K$$

ಅಥವಾ $\frac{T^r}{p^{r-1}} = K'$

ಇದರ γ ವರ್ಗ ಮೂಲವನ್ನು ತೆಗೆದರೆ

$$T\cdot p^{\frac{1-r}{r}} = K'' = \text{Constant}$$

ಇದೇ ರೀತಿಯಾಗಿ,

$p = \frac{rT}{v}$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ

$$\frac{rT}{v}.v^{\gamma} = K$$

ಅಥವಾ $T.v^{\gamma-1} = \frac{K}{r} = K''' =$ Constant

ಇದೇ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ನಾವು ಸಮತಾಪಕ ಮತ್ತು ಸಮೋಷ್ಣ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈಗ ಸಮೋಷ್ಣ ಬದಲಾವಣೆಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಸೂಚಿಸಿದೆ.

$$pv^{\gamma} = \text{Constant}$$

$$Tv^{\gamma-1} = \text{Constant}$$

$$Tp^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = \text{Constant}$$

ಸಮತಾಪಕ ಮತ್ತು ಸಮೋಷ್ಣ ವಕ್ರರೇಖೆಗಳು
(Isothermal and Adiabatic Curves)

ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಒತ್ತಡ, ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ವಿವಿಧ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಲು P—V ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಚಕ ನಕ್ಷೆ (Indicator diagrams) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. O X ಮತ್ತು O Y ಎಂಬ ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಗಾತ್ರ (V) ಒತ್ತಡ (P) ಗಳು ಸೂಚಿತವಾಗುತ್ತವೆ.

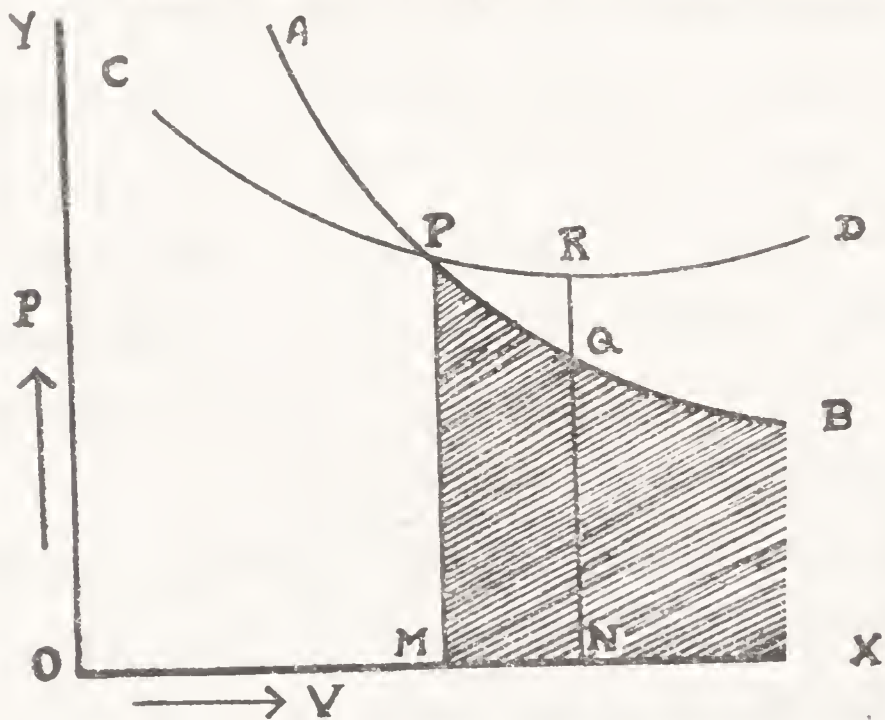
ಈಗ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವು ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುತ್ತದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ ಅಂದರೆ, PM ಎಂಬುದು pಯನ್ನೂ OM ಎಂಬುದು 'V'ಯನ್ನೂ ಗುರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ T° ಆಗಿರಲಿ— ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿಯತವಾಗಿ T° ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅನಿಲದ

ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದಲ್ಲಿ, ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಒತ್ತಡದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುತ್ತಾ ಹೋದರೆ, ನಮಗೆ APB ಎಂಬ ವಕ್ರರೇಖೆ ಬರುವುದು. ಇದನ್ನು ಸಮತಾಪ ರೇಖೆಯೆನ್ನಬಹುದು. ಹೀಗೆಯೇ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸಮತಾಪ ರೇಖೆಗಳು (Isothermals) ಬರುವುವು.

P ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲ್ಪಡುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ನಾವು ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಸಮಾನೋಷ್ಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (ಅಂದರೆ, ಶೀಘ್ರ ವಿಕಾಸ, ಸಂಕೋಚ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವನ್ನು ನಿರೋಧಿಸಿದಲ್ಲಿ) ಉಂಟು ಮಾಡಿದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಏರಿಳಿತಗಳಾಗುವುವು. ಇವುಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ರೇಖೆಯು CPD ಅಂತಿರುವುದು. ಇದನ್ನು ಸಮಾನೋಷ್ಣ ವಕ್ರರೇಖೆಯೆನ್ನಬಹುದು. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಿರುವಂತೆ, CPD ರೇಖೆಯು APB ರೇಖೆಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಇಳಿಜಾರಿನಿಂದಿರುವುದು (Slope) ಹೀಗೆಯೇ ನಮಗೆ ಹಲವಾರು ಸಮಾನೋಷ್ಣ ರೇಖೆಗಳು ಬರುವುವು.

ಹೀಗೆ ನಿರೂಪಿಸಿದ ರೇಖೆಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ಹಲವಾರು ಉಪ

ಸಮತಾಪಕ ಮತ್ತು ಸಮಾನೋಷ್ಣರೇಖೆಗಳು



ಚಿತ್ರ 42

ಯುಕ್ತಾಂಶಗಳು ಗೊತ್ತಾಗುವುವು. ಈಗ P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸೂಚಿತ ವಾಗುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಅನಿಲವು ಸಮೋಷ್ಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿದರೆ, MN ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕಾಸದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು PQNMಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಕೆಲಸವನ್ನು ಮಾಡಿ, ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ತನ್ನ ಅಂತರ ಶಕ್ತಿಯಿಂದಲೇ ಹೊಂದಿಸಿ ಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.—ಇದರಿಂದ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಸಮತಾಪಕ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಬಗೆಯ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟು, ಅನಿಲವು ಮೊದಲಿನಂತೆಯೇ MN ಎಂಬ ಗಾತ್ರವಿಕಾಸವನ್ನು ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಸ್ಥಿತಿಯು Q ಬಿಂದುವಿನ ಬದಲು R ಬಿಂದುವಿನಿಂದ ಸೂಚಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. PR ಎಂಬುದು APB ಸಮತಾಪ ರೇಖೆಯ ಒಂದು ಭಾಗವಾದುದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿರು ತ್ತದೆ. ಈಗ ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣವು PMNR ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ ಸಮಾನವಾದ ಉಷ್ಣವು ಹೊರಗಿನ ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಒದಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ.

APB ಸಮತಾಪ ರೇಖೆಗೆ, P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸ್ಪರ್ಶ ರೇಖೆಯನ್ನು (Tangent) ಎಳೆದು ಅದರ ಇಳಿಜಾರನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೆ, ಅದು APB ರೇಖೆಗೆ P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಇಳಿಜಾರಿನ ಪ್ರಮಾಣವಾಗುತ್ತದೆ ಇದನ್ನು ನಾವು ಈ ಕೆಳಗಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$pv = \text{Constant.}$$

$$\therefore\ p.dv + v.dp = 0$$

$$\frac{dp}{dv} = -\frac{p}{v}$$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ ಗಾತ್ರಗಳು p_1, v_1 ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\left(\frac{dp}{dv}\right) \text{at P} = -\frac{p_1}{v_1}$$

ಈಗ CD ರೇಖೆಯ ಇಳಿಜಾರನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ಸಮೋಷ್ಣ ರೇಖೆಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

$$\therefore \; pv^{r} = \text{Constant}$$

ಇದನ್ನು differentiate ಮಾಡಿದರೆ,

$$\gamma p v^{r-1} dv + v^{r} dp = 0$$

ಅಥವಾ, $\gamma \cdot p. dv + v. dp = 0$

$$\frac{dp}{dv} = -\gamma \frac{p}{v}$$

P ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಇದರ ಬೆಲೆಯು $-\gamma \frac{p_1}{v_1}$ ಆಗುವುದು. ಇದರಿಂದ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬರುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವಿದು.

ಸಮತಾಪ ಮತ್ತು ಸಮಾನೋಷ್ಣ ರೇಖೆಗಳು ಸಂಧಿಸುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಮಾನೋಷ್ಣ ರೇಖೆಯ ಇಳಿಜಾರು ಸಮತಾಪ ರೇಖೆಯ ಇಳಿಜಾರಿನ ಪ್ರಮಾಣದ γ ಅಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. γದ ಬೆಲೆಯು 1ಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಇರುವುದರಿಂದ, ಮೊದಲನೆಯದರ ಬೆಲೆಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲವು ಸಮತಾಪ ಮತ್ತು ಸಮಾನೋಷ್ಣ ರೀತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ ಅದರಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಹಿಂದಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ, P ಬಿಂದುವು APB ರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ R ಬಿಂದುವಿಗೆ ಚಲಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ, ಒತ್ತಡದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

$$PM = p_1 \qquad RN = p_2$$

$$OM = v_1 \qquad ON = v_2$$

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣ ಬದಲಾಗುವುದಿಲ್ಲ, T_1°A.

W ಎಂಬುದು ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$W = \text{area } PMNR$$

$$= \int_{v_1}^{v_2} p \cdot dv \qquad pv = RT$$

$$p = \frac{RT}{v}$$

$$= \int_{v_1}^{v_2} RT. \frac{dv}{v} = RT \log e \frac{v_2}{v_1}$$

ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡ ಪಕ್ಷದಲ್ಲಿ R = r ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್ ತೂಕವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ R = ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಅನಿಲನಿಯತಾಂಕ

(universal gas contant) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಸಮೋಷ್ಣ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿದಾಗ, P ಬಿಂದುವು Q ಬಿಂದುವಿಗೆ ಚಲಿಸುತ್ತದೆ W′ ಎಂಬುದು ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$W^1 = \text{area PMNQ}$$

$$= \int_{v_1}^{v_2} p.\ dv$$

ಆದರೆ, $pv^\gamma = K$ ಎಂಬುದು CPD ರೇಖೆಯ ಸಮೀಕರಣ

$$\therefore\ W' = \int_{v_1}^{v_2} \frac{K}{v^\gamma}\ dv \qquad p = \frac{K}{v^\gamma}$$

$$= \int_{v_1}^{v_2} Kv^{-\gamma}\, dv$$

$$= \frac{K}{1-\gamma} \left[v^{1-\gamma} \right]_{v_1}^{v_2}$$

$$= \frac{K}{1-\gamma} \left(v_2^{1-\gamma} - v_1^{1-\gamma} \right)$$

ಆದರೆ, $K = p_1 v_1^\gamma = P_2 v_2^\gamma$

$$\therefore W^1 = \frac{1}{1-\gamma}[p_2.v_2{}^{\gamma}\text{-}v_2{}^{1-\gamma}$$
$$-p_1 v_1{}^{r}.p v_1{}^{1-r}]$$
$$= \frac{1}{1-\gamma}[p_2\ v_2 - p_1\ v_1]$$
$$= \frac{1}{\gamma-1}(p_1\ v_1 - p_2\ v_2)$$

P ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $T_1{}^{\circ}A$ ಆಗಿದ್ದು,
Q ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ $T_2{}^{\circ}$ A ಇದ್ದರೆ,

$$\left.\begin{array}{l} p_1\ v_1 = r\ T_1 \\ p_2\ v_2 = r\ T_2 \end{array}\right\} \text{ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲ}$$

$$\therefore W' = \frac{r}{\gamma-1}(T_1 - T_2)$$

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯಿಂದ ವಿಶದಪಡಿಸ ಬಹುದು.

ಉದಾ :—15°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ 3000 C. C ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಒಂದು ನಿಯಕ ತೂಕದ ಅನಿಲವು, ಒಂದು ವಾಯು ಭಾರದ (1 atmosphere) ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವು ನಿರೋಧಿ ಸಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಈ ಅನಿಲವನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ 600 CC ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ಸಂಕುಚಿಸಿದರೆ, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಅದರ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಗಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಿರಿ. ಹೀಗೆಯೇ ಈ ಸಂಕೋಚದಿಂದ ವ್ಯಯವಾಗಿರುವ ಕೆಲಸದ ಬೆಲೆಯೇನು? [ಅನಿಲದ $\gamma = 1.4$; 1 ವಾಯುಭಾರ $= 1.013 \times 10^6$ dynes/sq. cm.]

ಈ ಲೆಕ್ಕವನ್ನು ಮಾಡಲು ಈಗಾಗಲೇ ಸಾಧಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣ ಗಳನ್ನು ಗಮನಿಸಬೇಕು.

$P_1 = 1$ ವಾಯು ಭಾರ $P_2 = ?$

$V_1 = 3000$ C.C. $V_2 = 600$ C.C.

$T_1 = 15°C = 288° A \quad T_2 = ?$

ಮೊದಲು T_2 ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಬೇಕಾಗಿರುವ ಸಮೀಕರಣ

$$T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$$

$$288.(3000)^{0.4} = T_2 (600)^{0.4}$$

$$T_2 = 288.\left(\frac{3000}{600}\right)^{0.4}$$

$$= 288 \; 5^{0.4}$$

$$= 548°3 \text{ A}$$

$$= 275°3 \text{ C}$$

logs :—

log 288=2.4594

(0 4 log5=0.4 × 0.6990)

=0.2796

2.7390

antilog 2.7390

= 548.3

P_2 ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು $P_1 V_1^r = P_2 V_2^r$

$$\therefore p_2 = p_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^r = 1.\left(\frac{3000}{600}\right)^{1.4} \text{ atmospheres}$$

$$= 5^{1.4} = 9.519 \text{ atmospheres}$$

ಸಂಕೋಚದಿಂದ, ಅನಿಲವು ಮಾಡುವ ಕೆಲಸವು W^1 ಇದ್ದರೆ,

$$W^1 = \frac{1}{\gamma-1}(P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$= \frac{1}{0.4}\left\{1.013 \times 10^6 (3000 - 9.519 \times 600)\right\} \text{ ergs}$$

$$W^1 = \frac{1}{0.4}\left\{1.013 \times 10^6 (3000 - 5711.4)\right\}$$

$$= -\frac{1}{0.4}\left\{1.013 \times 10^6 \times 2711.4\right\}$$

$$= -6.866 \times 10^9 \text{ ergs}$$

$$= -686.6 \text{ joules}$$

logs :—

log 1.013= 0.0056



$$\log 10^6 = 6.0000$$
$$\log 2711.4 = 3.4332$$

$$9.4388$$
$$-\log 0.4 = \bar{1}.6021$$

$$= 9.8367$$
$$W^1 = \text{antilog } 9.8367$$

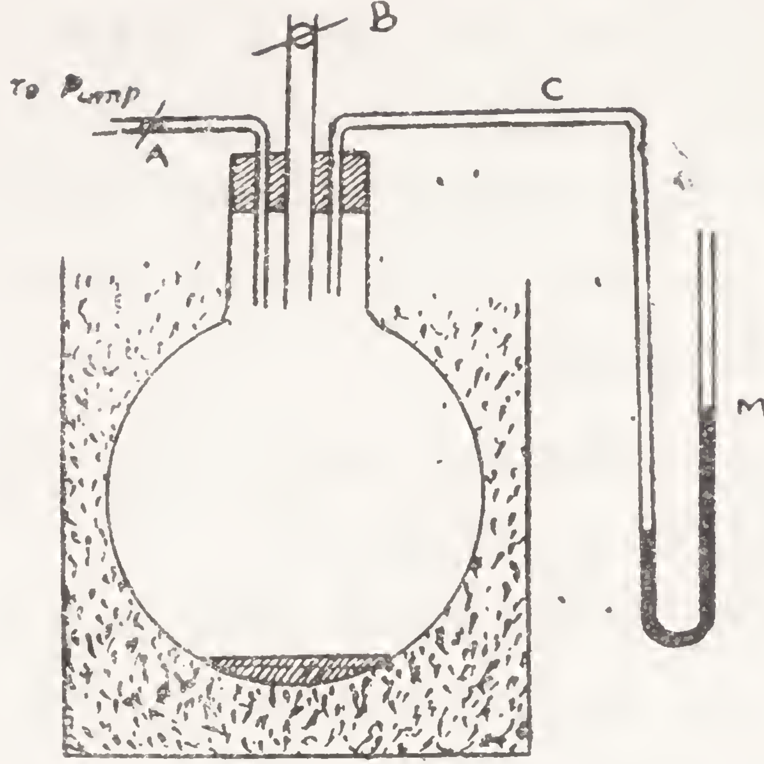
ಇಲ್ಲಿ ಈ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣದ ಬೆಲೆಯು ಋಣ (negative) ವಾಗಿರುವ ಅರ್ಥವೇನೆಂದರೆ, ಅನಿಲದ ಸಂಕೋಚದಿಂದ ಅನಿಲದ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾದ ಕೆಲಸ (work done on the gas) ವೆಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕು.

γ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಕ್ಲಮೆಂಟ್, ಡಿಸಾರ್ಮ್ಸ ಪ್ರಯೋಗ

Clement and Desormes Method for γ

ಅನಿಲಗಳ 'γ'ದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಇದು ಒಂದು ನೇರವಾದ ಪ್ರಯೋಗ—ಚಾರಿತ್ರಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಕ್ರಿ.ಶ. (1819) ರಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಪ್ರಯೋಗ. ಇದರ ತತ್ತ್ವವಾದರೂ ಇಷ್ಟೇ. ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ಬಹಳ ಶೀಘ್ರ ವಿಕಾಸಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ನಂತರ ಹೊರಗಿನ ವಾತಾವರಣದ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಪೂರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ತರಿಸುವುದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

F ಎಂಬ ಒಂದು ಸುಮಾರು 1000 C.C ಗಾತ್ರವುಳ್ಳ ಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಗಾಳಿ (ಅಥವಾ ಅನಿಲ) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಭದ್ರವಾಗಿ ಮುಚ್ಚಲು ಒಂದು ರಬ್ಬರ್ ಕಾರ್ಕ್ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಕಾರ್ಕಿನಲ್ಲಿ ಮೂರು ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ನಾಳಿಕೆಗಳು ತೂರಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ A ಎಂಬುದು ಪಂಪಿಗೂ, ಅಗಲವಾಗಿರುವ 'B' ನಾಳಿಕೆಯು 'S' ಎಂಬ ಸ್ಟಾಪ್ ಕಾಕ್ (Stop-cock)ನ ಮೂಲಕ ಹೊರಗಿನ ಗಾಳಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದುವಂತೆಯೂ



ಚಿತ್ರ 43
γ - ಕಂಡು ಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ
Clement & Desormes ಉಪಕರಣ

ಇವೆ. ಮೂರನೆಯ ನಾಳಿಕೆ 'C'ಯನ್ನು ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ G ಎಂಬ ಒಂದು ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕವಿದೆ. F ಎಂಬ ಪಾತ್ರೆಯು, ಕಾರ್ಟನವುಲ್ (Cotton-wool) ನಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿ ಒಂದು ಆವರಣದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು A ಯ ಮೂಲಕ, ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುವ ಅನಿಲವನ್ನು F ಒಳಕ್ಕೆ ಬಿಡಬೇಕು. ಇದರ ಒತ್ತಡವನ್ನು M ಎಂದು ಚಿತ್ರಿಸಿರುವ ಮಾಪಕವು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ನಂತರ B ಮುಚ್ಚಳವನ್ನು ತೆರೆದು ಅನತಿ ಕಾಲದಲ್ಲಿಯೇ (ಸುಮಾರು 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಒಳಗೆ) ಮುಚ್ಚಿಬಿಡಬೇಕು. ಈ ಸಣ್ಣ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಒಳಗಿನ ಅನಿಲವು ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಹೊಂದುವುದರಿಂದ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರಿ ಮೊದಲಿದ್ದಂತೆಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ. ಆಗ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿಯೇರ್ಪಟ್ಟು, ಒಂದು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ, ಇದನ್ನು ಮೂಲಕ ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ 'γ'ದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ.

ಮೊದಲಿನ ಸ್ಥಿತಿ :—ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ v-ಒತ್ತಡ-p_1

ಮಧ್ಯಸ್ಥಿತಿ :—ಬಾಹ್ಯ ಸಂಪರ್ಕವು ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ

ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿ, ಅದರ ಗಾತ್ರ V, ಒತ್ತಡ P.

P ಎಂಬುದು ಹೊರಗಿನ ವಾಯುಭಾರವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವುದು. ಈ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ನಾವು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದ ಸಮೀಕರಣ.

$p_1 v^\gamma = p v^\gamma$ (ಏಡಿಯಾ ಬಾಟಿಕ್ ಪರಿವರ್ತನೆ (Adiabatic change) ಗೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ)

ಅಂತ್ಯಸ್ಥಿತಿ:—ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಲಪಿದಾಗ

ಒತ್ತಡ— p_2. ಗಾತ್ರ—V

ಮೊದಲನೆಯ ಮತ್ತು ಅಂತ್ಯಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುವುದರಿಂದ

$p_1 v = p_2 V$ (ಸಮತಾಪಕ ಬದಲಾವಣೆ (Isothermal change) ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಮೀಕರಣ)

ಇವೆರಡರಿಂದ, $\frac{p_1}{P} = \left(\frac{V}{v}\right)^\gamma$

ಮತ್ತು $\frac{V}{v} = \frac{p_1}{p_2}$

$\therefore \quad \frac{p_1}{P} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^\gamma$

ಅಥವಾ, $\log p_1 - \log P = \gamma (\log p_1 - \log p_2)$

$$\therefore \quad \gamma = \frac{\log p_1 - \log p}{\log p_1 - \log p_2}$$

ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ M— ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಅಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ದ್ರವದ ಮಟ್ಟಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು h_1 ಮತ್ತು h_2 ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\left.\begin{array}{l} p_1 = P + h_1 \\ p_2 = P + h_2 \end{array}\right\}$$ Pಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, h_1 ಮತ್ತು h_2ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಅಲ್ಪ ಆಗಿರುವುವು.

$$\frac{P+h_1}{P} = \left(\frac{P+h_1}{P+h_2}\right)^\gamma$$

$$\text{ie, } 1+\frac{h_1}{P}=\frac{\left(1+\frac{h_1}{P}\right)^{\gamma}}{\left(1+\frac{h_2}{P}\right)^{\gamma}}$$

$$\therefore \left(1+\frac{h_1}{P}\right)^{\gamma-1}=\left(1+\frac{h_2}{P}\right)^{\gamma}$$

$$\text{ie, } 1+\frac{h_1}{P}(\gamma-1)+\cdots=1+\frac{h_2}{P}\gamma+$$

ಅಥವಾ $\gamma=\frac{h_1}{h_1-h_2}$

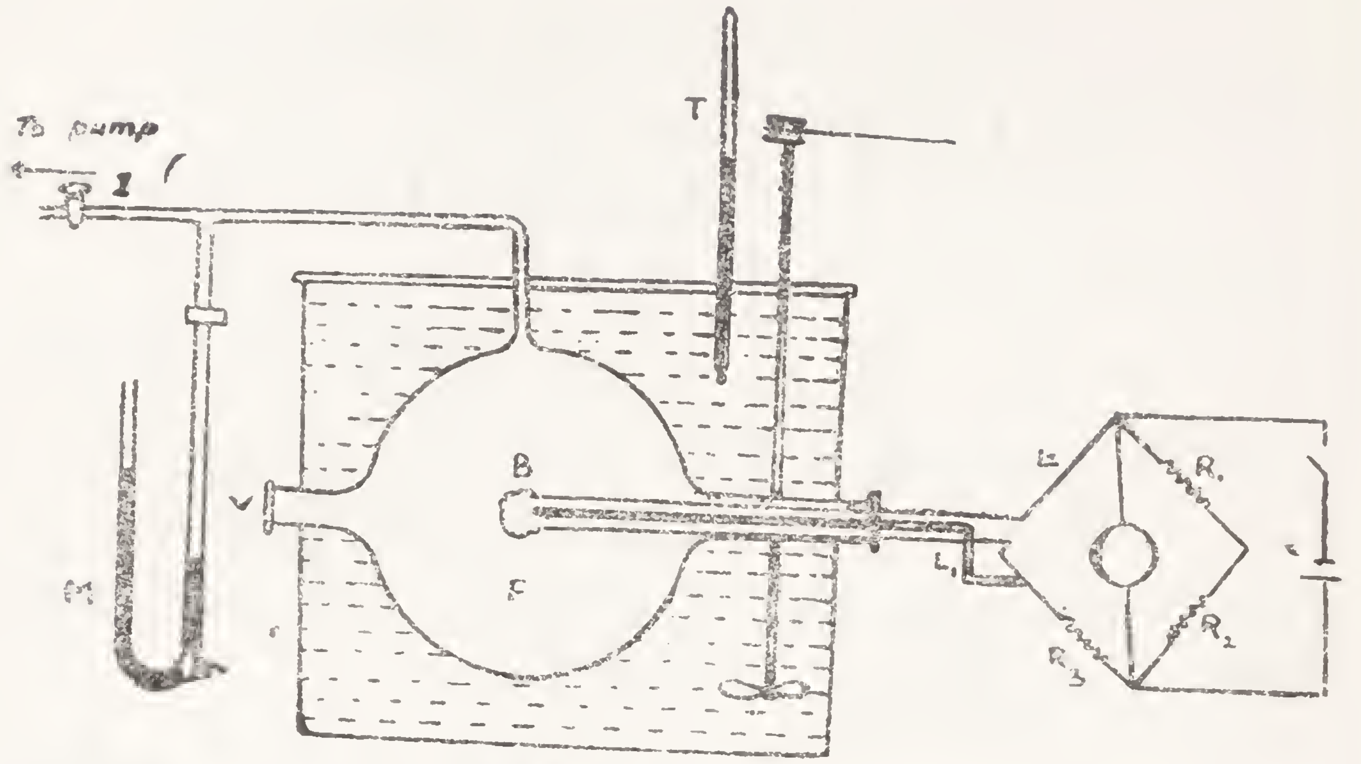
ಈ ಸುಲಭವಾದ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ 'γ'ದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ ಇದರ ಬೆಲೆಗಳು ಖಚಿತವಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ನ್ಯೂನತೆಗಳಿವೆ.

(1) ಸಣ್ಣ ಕಾಲ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಬಾಹ್ಯ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಬದಲಾವಣೆ ಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೂ, ಹೊರಗಿನಿಂದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪವಾದರೂ ಶಾಖವು ತಲುಪಿಯೇ ತಲುಪುತ್ತದೆ.

(2) 'S' ಸ್ಟಾಪ್ ಕಾರ್ಕನ್ನು ತೆರೆದು ಮತ್ತು ಮುಚ್ಚುವಾಗ, ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಆಂದೋಳನಗಳು ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಆದುದರಿಂದ ಕೊನೆಯ ಸ್ಥಿತಿಯು ತಲುಪಲು ತಡೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಸರಿಪಡಿಸಲು (Partington) ಪಾರ್ಟಿಂಗ್‌ಟನ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯತ್ನ ಪಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತ ವಾಗಿದೆ.

S ಎಂಬುದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಗೋಳಾಕಾರದ ತಾಮ್ರದ ಪಾತ್ರೆ. ಇದರ ಗಾತ್ರ ಸುಮಾರು 130,000 CC ಇದರೊಳಗೆ, I ಎಂಬ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಪಂಪಿನಿಂದ ಗಾಳಿ ಅಥವಾ ಅನಿಲವನ್ನು ಬಿಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳತೆಮಾಡಲು M ಎಂಬ ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕವಿರು



ಚಿತ್ರ ೪೪
γ – ಪಾರ್ಟಿಂಗ್‌ಟನ್ ಉಪಕರಣ

ತ್ತದೆ. ಈ ಗೋಳವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ನೀರಿನಿಂದ ತುಂಬಿದ ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ತಿಳಿಸಲು T ಎಂಬ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವಿದೆ. F ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿನ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಬಾಹ್ಯ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ತಾತ್ಕಾಲಿಕವಾಗಿ ಉಂಟುಮಾಡಲು V ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕವಾಟ (Valve) ಇದೆ. ಈ ಅಲ್ಪಾವಧಿ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಆಗಬಹುದಾದ ಆಂದೋಳನ (Oscillations)ಗಳನ್ನು ಆಗದಂತೆ ಮಾಡಲು ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ, V ಕವಾಟದ ರಂಧ್ರ (aperture) ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸೂಕ್ತವಾಗಿ ಇಡಲಾಯಿತು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿರುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ :— ಅನಿಲವು ಅಲ್ಪಾವಧಿ ಬಾಹ್ಯ ಸಂಪರ್ಕದಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಸಮಾನೋಷ್ಮ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ವಿಕಾಸದ ಫಲವಾಗಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವನ್ನು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನದಿಂದಲೂ ಖಚಿತವಾಗಿಯೂ, ಅಳೆಯಲು ಬೊಲಾಮಿಟರ್ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ 'B' ಎಂಬುದೇ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ತಂತಿಯ ಸುರಳಿ ಇದನ್ನು ವಿದ್ಯುದ್ವಾಹಕ ಎಳೆ(LL)ಗಳಿಗೆ ಸಮಾನವಾದ

L'L' ಎಳೆಗಳನ್ನೂ ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವಂತೆಯೇ ನಿಯೋಜಿಸಿದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, B' ಸುರಳಿಯ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು (Resistance) ಅಳೆಯಲು, ವ್ಹೀಟ್‌ಸ್ಟನ್ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದೆ.

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು, ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ (P_1)ದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು M ಮೂಲಕ ಅಳೆದು, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ T_1ರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪ್ಲಾಟಿನಂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ನಂತರ V ಕಪಾಟವನ್ನು ತೆರೆದು ಮುಚ್ಚುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುವ ಬದಲಾವಣೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು T_2ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಕೂಡ, ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

P ಎಂಬುದು ಬಾಹ್ಯವಾಯು ಭಾರವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ (4.20) ಸಾಧಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ,

$$\left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\gamma} = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\gamma-1}$$

ಇಲ್ಲಿ $P_2 = P$ ಇರುತ್ತದೆ.

$$\gamma\,(\log T_1 - \log T_2) = (\gamma - 1)\,(\log p_1 - \log p)$$

$$\text{ಅಥವಾ, } \gamma = \frac{\log p_1 - \log P}{(\log p_1 - \log P) - (\log T_1 - \log T_2)}$$

Pಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು Fortin Barometer ಯಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ವಿದ್ಯುನ್ಮಾಪಕವು (Galvanometer), 0.01 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಆಗುವ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುವಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ Einthoven String Galvanometer ಉಪಕರಣವಾಗಿರಬೇಕು.

ಈ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನದಿಂದ ಬಹಳ ಸಮರ್ಪಕವಾದ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕಂಡುಬಂದಿವೆ.

γ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಶಬ್ದ ಶಾಸ್ತ್ರದ ಪ್ರಯೋಗ

ಶಬ್ದವು ಅಲೆಗಳ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಅನಿಲದ ಮೂಲಕ ಪ್ರಸಾರವಾಗುವಾಗ ಅವುಗಳ ವೇಗವು ಕೆಳಗಿನ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

$$V = \sqrt{\frac{\gamma P}{\rho}}$$

ಇದರಲ್ಲಿ V = ಶಬ್ದದ ವೇಗ,

P = ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ

ρ = ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ

ಶಬ್ದ ವಿಜ್ಞಾನದ ಪುಸ್ತಕಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸುವ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ V, p ಮತ್ತು ρ ಇವುಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ γದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲದ γದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರ ಆವಶ್ಯಕತೆಯು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ರಚನೆ (Atomicity of the gas)ಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಲು ಇರುವ ಅವಕಾಶದಿಂದ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಚಾರವನ್ನು ವಿಶದವಾಗಿ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಿದೆ.

5. ಅನಿಲಗಳ ಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತ

(Kinetic Theory of gases)

ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ಸಾಮಾನ್ಯ ಜಡ ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಅಣುಸಿದ್ಧಾಂತದ ಒಂದು ಅಂಗವಾಗಿದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ಜಡವಸ್ತುವು (Matter) ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳ ಬಿಡಿಕಣಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಣ್ಣ ಕಣಕ್ಕೆ 'ಅಣು' ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ವೈಶಿಷ್ಟ್ಯವೇನೆಂದರೆ, ಸ್ವತಂತ್ರ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ತಿರುಗಾಡುವ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿ, ಮೂಲ ವಸ್ತುವಿನ ಸಮಸ್ತ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನೂ ಉಂಟಾಗಿರುವ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ವಸ್ತುವಿನ ಭಾಗ—ಅಣು ಎನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ಅಣುವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದಾಗಲಿ, ಹಾಗೆ ಭಾಗವಾದರೆ ಬರುವ ವಿಭಾಗಗಳು ಬೇರೆ ಭೌತ, ರಾಸಾಯನಿಕ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲವೆಂದಾಗಲಿ, ನಾವು ಹೇಳುವಹಾಗಿಲ್ಲ.

ಬಹಳ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲದಿಂದಲೂ, ಜಡವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯು ಬಿಡಿ ಕಣಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡಿರಬಹುದೆಂಬ ತತ್ತ್ವವು ಡೆಮಾಕ್ರಿಟಸ್, ಲ್ಯೂಸಿಪ್ಪಸ್, ಮೊದಲಾದ ದಾರ್ಶನಿಕರಿಂದ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಇವು ಕೇವಲ ಊಹಾ ಪ್ರಪಂಚಕ್ಕೆ ಸೇರಿದ್ದರಿಂದ ಪ್ರಗತಿ ಸಾಧ್ಯವಾಗಲಿಲ್ಲ. 18ನೇ ಶತಮಾನದ ಹೊತ್ತಿಗೆ ಬಾಯಿಲ್, ಮ್ಯಾರಿಯಟ್, ಮತ್ತು ಬರ್‌ನಾಲಿ (Bernouilli) ಮೊದಲಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲದಿಂದ, ಅನಿಲಗಳ ನಿಚಾರನಾಗಿ ಕೆಲವು ಅಂಶಗಳು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟವು. ಇದರಿಂದಲೇ ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವೂ ಕೂಡ ಹೊರಬಿದ್ದಿತು. ಡಾಲ್ಟನ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಪರಮಾಣುವಾದವನ್ನೂ, ಗೇ ಲಸಾಕ್ (Gay Lussac) ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಅನಿಲಗಳ ಸಂಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಘನಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬುಧಿಸಿದ ನಿಯಮವನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವಂತೆ, ಅವಗಾಡ್ರೋ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಈ ಕೆಳಗಿನ ನಿಯಮವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು "ಒಂದೇ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು

ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಸಮಾನ ಘನ ಪ್ರಮಾಣವುಳ್ಳ ಅನಿಲಗಳು ಹೊಂದಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಕೂಡ ಸಮವಾಗಿರುವುವು" ಇದರಿಂದ ಅಣುವಿಗೆ ಒಂದು ಸ್ವತಂತ್ರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿಕೊಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

ವಸ್ತುವು ಬಿಡಿ ಅಣುಗಳ ಸಮೂಹವೆಂದು ತಿಳಿದ ಮೇಲೆ, ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೂ ವ್ಯಕ್ತವಾಯಿತು. ಈ ಅಣುಗಳು ಅವಿರತವಾಗಿ ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಯೆಂಬುದೇ ಈ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶ—ಅನಿಲಗಳ ಅಂತರ್ವಹನ (diffusion)ವನ್ನು ಸಾಧಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಅಣುಗಳು ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿವೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸಬೇಕಾದುದು ಅನಿವಾರ್ಯ—ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲವು, ಗುರುತ್ವಾಕರ್ಷಣೆಯ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಭಾವದಿಂದ ಒಂದು ಸ್ಥಲದಲ್ಲಿ ತಂಗಲು ಯಾವ ಅಪೇಕ್ಷೆಯನ್ನು ತೋರಿಸದೆ, ಒಳಭಾಗದ ಗೋಡೆಗಳಂತಿರುವ (Walls) ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೇಲೆ, ಘರ್ಷಣೆಮಾಡಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸುತ್ತವೆಯೆಂಬುದೂ ಪ್ರಯೋಗ ಸಿದ್ಧವಾಗಿದೆ. ಹೀಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿಯೂ, ಅತಿವೇಗದಿಂದಲೂ, ಚಲಿಸುತ್ತಲೇ ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲ. ದ್ರವಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ ನಡೆಯುತ್ತಿರುವ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವು (Evaporation) ಕೂಡ ಇದಕ್ಕೆ ನಿದರ್ಶನವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳು ಕೂಡ ಒಂದು ನಿರ್ಬಂಧ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯಾದರೂ ಚಲಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಅಂದಮೇಲೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಅದರ ಅಣುಗಳು ಸದಾಕಾಲದಲ್ಲಿಯೂ ಚಲನಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತವೆ ಎಂಬ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖ ಎಂಬುದಾಗಿ ಯಾವ ಲಕ್ಷಣಕ್ಕೆ ಹೇಳುತ್ತೇವೆಯೋ ಅದು ಅದರ ಅಣುಗಳು ಚಲನದಿಂದ ಹೊಂದಿರುವ ಶಕ್ತಿ (Energy)ಯ ಪರಿಣಾಮವೆಂದು ಹೇಳಬಹುದಾಗಿದೆ.

ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತವು ವಸ್ತುವಿನ ಎಲ್ಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೂ ಅನ್ವಯವಾದರೂ, ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅನಿಲಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ನಮ್ಮ ಜ್ಞಾನವು ಬಹಳ ಬೆಳೆದಿದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣ ಇಷ್ಟೇ. ಅನಿಲಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅಣುಗಳಿಗಿರುವ

ಪರಸ್ಪರ ಬಂಧಕ ಬಲಗಳ (Cohesive forces) ಪ್ರಮಾಣ ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ನಾವು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸುವ ನಿಯಮಗಳಿಗೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಹೆಚ್ಚು ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯನ್ನು ಕಾಣಬಹುದಾಗಿದೆ. ಈ ಶಾಸ್ತ್ರವು ಹೆಚ್ಚು ಮುಂದುವರೆಯಲು ಕಾರಣರಾಗಿರುವ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್, ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್, ಜೀನ್ಸ್, ಬೋಲ್ಟ್ಸ್‌ಮನ್ ಮೊದಲಾದ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಹೆಸರುಗಳನ್ನು ನೆನಪುಮಾಡಿಕೊಳ್ಳುವುದು ಉಚಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

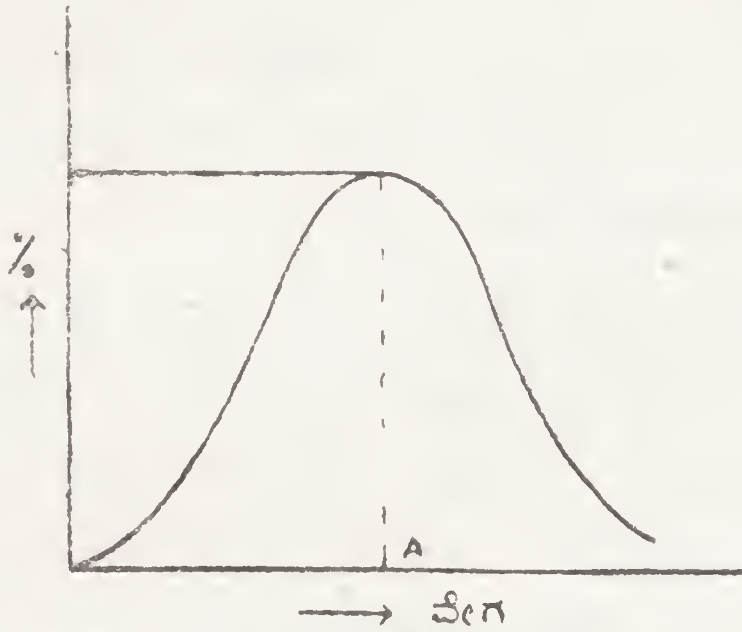
ಈಗ ಚಲನ ತತ್ತ್ವದ ಪ್ರಕಾರ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅಣುಗಳ ಒಳನೋಟವನ್ನು ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ತಿಳಿಯುವುದು ಸಹಾಯಕವಾಗಿರುವುದು.

ಘನಸ್ಥಿತಿ :—ಘನವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಆಕಾರ ಮತ್ತು ಗಾತ್ರಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಅಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಯು ಅತ್ಯಂತ ಒತ್ತಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಪರಸ್ಪರ ಬಂಧಕ ಬಲಗಳೂ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗಾಗಿ ಅಣುಗಳು ಬಹಳ ಸಂಕೋಚ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು ಚಲನ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವು ಬಹಳ ಕಡಮೆ. ಈ ನಿರ್ಬಂಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಿಂದಲೇ, ಘನ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಂಘಟಿತ ರಚನೆಯಿರುತ್ತದೆ. X—ಕಿರಣಗಳ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದಿರುವ ಅಂಶಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಘನ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳು ಒಂದು ನಿಯಮಿತ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಇಕ್ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಆವರ್ತ ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಸ್ಥಾನಪಲ್ಲಟಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ಕಂಪನವೈಶಾಲ್ಯವು (Amplitude) ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಏರಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಆಂದೋಳನಗಳಿಂದ ಉದ್ಭವಿಸುವ ಶಕ್ತಿಯಿಂದ ಅನ್ಯೋನ್ಯ ಬಂಧಕ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನೂ ದಾಟುವ ಸಂಭವವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಘಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ, ಘನವಸ್ತುವು ತನ್ನ ಸಂಘಟಿತ ರಚನೆಯನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಂಡು ದ್ರವ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುವ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಪರಸ್ಪರ ಬಂಧಕ ಬಲಗಳನ್ನು ಮೀರಿ, ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ದ್ರವ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಕ್ತಿಯ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ನಾವು ಗುಪ್ತೋಷ್ಣವೆನ್ನುತ್ತೇವೆ.

ದ್ರವರೂಪ :—ಘನ ರೂಪಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ದ್ರವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಣುಗಳು ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಸ್ಥಾನಗಳಿಗೆ ವಹನವಾಗುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಹೀಗಿರುವುದರಿಂದಲೇ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಸ್ವತಂತ್ರ ಆಕಾರವಿಲ್ಲದೆ ಯಾವ ಆಧಾರ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿದ್ದರೂ, ಅದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕಂತೆ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರ ಮಾತ್ರ (Volume) ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಣುಗಳ ಅಂತರ್ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೇ ಇದೆ ಯೆಂದು ಇದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರವಗಳ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕಾದರೂ, ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಮೇಲ್ಮೈಗಳಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳಿಗೂ, ಬಹಳ ಒಳಗಡೆ ಇರುವ ಅಣುಗಳಿಗೂ, ಒಂದು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುತ್ತದೆ. ಮೇಲ್ಮೈಗಳು ರಬ್ಬರ್ ಮಾದರಿಯ (Elastic) ಸಣ್ಣ ಪದರಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ. ಹೊರ ಗಣ ಆವರಣಕ್ಕೂ ದ್ರವಕ್ಕೂ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಈ ಗಡಿಯನ್ನು ದಾಟ ಬೇಕಾದರೆ, ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳಿಗೂ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲ. ಹೆಚ್ಚು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕೆಲವು ಸಾಹಸಯುತ ಅಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಮೇಲ್ಮೈಯಿನ ಎಲ್ಲೆಯನ್ನು ಮೀರಿ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಈ ಸೀಮೋಲ್ಲಂಘನೆಯೇ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವೆನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಹೊರಗಿನ ಸ್ವತಂತ್ರ ಆವರಣ ವನ್ನು ತಲಪುವಷ್ಟರಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಶಕ್ತಿಯು ಕುಂದುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ನಿರ್ವೀ ರ್ಯವಾಗಿ ದ್ರವದೊಳಕ್ಕೂ ವಾಪಸ್ ಬರುವ ಸಂಭವವೂ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲ ರೂಪ :—ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳಿಗಿರುವ ಪರಸ್ಪರ ಸರಾಸರಿ ದೂರಗಳು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು c.c. ಗಾತ್ರದ ನೀರು 100°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಹಬೆಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿದರೆ, ಅದರ ಗಾತ್ರವು ಹಿಗ್ಗಿ, 1600 c.c. ಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಹೀಗಾಗುವುದರಿಂದ, ನೀರಿನ ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿ ದೂರಕ್ಕಿಂತ, ಹಬೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ದೂರವು ಸುಮಾರು $\sqrt[3]{1600}$ ಅಂದರೆ, 12ರಷ್ಟು ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇಷ್ಟು ದೂರಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಅಂತರ್ಬಲಗಳು ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತವೆ. ಅಣುಗಳ ಓಡಾಟವು ಪರಸ್ಪರ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ (Rectilinear)

ರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಘರ್ಷಣೆಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಗತಿಯು ಯದ್ವಾ ತದ್ವಾ ವಕ್ರರೀತಿಯಲ್ಲಿ (hap-hazard) ಸಾಗುತ್ತದೆ. ವೇಗಗಳೂ, ಗಮನ ಮಾರ್ಗಗಳೂ ಪದೇ ಪದೇ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯ ಮೊತ್ತವು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ, ಅಣುಗಳ ಸರಾಸರಿವೇಗಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಪರಸ್ಪರ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ಆಗುತ್ತಿದ್ದರೂ, ಸರಾಸರಿ ವೇಗವು ಅಷ್ಟಾಗಿ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವುದಿಲ್ಲ—ಆದುದರಿಂದ ಘರ್ಷಣೆಗಳು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕತ್ವವಾಗಿ (Elastic) ಇರುತ್ತವೆಯೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ, ಸ್ಟ್ಯಾಟಿಸ್ಟಿಕ್ಸ್ ಶಾಸ್ತ್ರದ (Statistics) ನಿಯಮಗಳ ಪ್ರಕಾರ ಅಣುಗಳ ವೇಗಗಳು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಭಾಗ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಯೆಂದು ತಿಳಿಸಿದ್ದಾನೆ. 45ನೇ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ,



ಅಣುಗಳ ವೇಗ – ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ನಿಯಮ

ಚಿತ್ರ 45

ಯಾವ ವೇಗವನ್ನು ಅಣುಗಳ ಅತ್ಯಂತ ಹೆಚ್ಚು ಶೇಕಡ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಯೋ ಆ ವೇಗಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಂಭಾವನೀಯ ವೇಗ (Most probable velocity) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.

ಈ ಹಿನ್ನೆಲೆಯ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಾವು ಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದ (Kinetic Theory) ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಹಲವಾರು ಉಪಯುಕ್ತ ಅಂಶಗಳನ್ನು

ಹೊರಗೆಡಹಬಹುದು. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಪೂರ್ವ ಭಾವಿಯಾಗಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು. ಇವುಗಳನ್ನು ಕೆಳಗೆ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದೆ. ನಮ್ಮ ಭಾವನೆಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ಆದರ್ಶ ಅನಿಲ (Ideal gas)ವೆಂದು ತಿಳಿದಿರುತ್ತೇವೆ. ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ ನಂತರ, ಅವುಗಳ ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲ (Actual gas)ಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗದೆ ಹೋದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ಊಹಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೂಲ ಪ್ರಮೇಯಗಳು :—

(1) ಅನಿಲವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಗಾತ್ರಗಳುಳ್ಳ ಅಣುಗಳನ್ನು ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ರಾಸಾಯನಿಕ ಅಣುಗಳೇ ಇವು ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈ ಅಣುಗಳು ಸತತವಾಗಿಯೂ, ಅತಿ ವೇಗದಿಂದಲೂ ವಕ್ರಗತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ.

(2) ಒಂದೇ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸಮಾನ ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ತೂಕಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ನಾವು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಆವರಣದ ಗಾತ್ರವು ಎಷ್ಟೇ ಅಲ್ಪವಿದ್ದಾಗ್ಯೂ, ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದೆಯೆಂದೇ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

(3) ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಅನುಕ್ರಮ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರಕ್ಕೆ ಮೀನ್ ಫ್ರೀ ಪಾತ್ (Mean free path) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದನ್ನು ಅಣುವಿನ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಅಣುವಿನ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲ (Negligible)ವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

(4) ಅಣುಗಳು ಪರಸ್ಪರ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಅಂತರ್ಬಲಗಳು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದು, ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲ ಎಂಬುದಾಗಿ ಭಾವಿಸಬಹುದು.

(5) ಅನ್ಯೋನ್ಯ ಘರ್ಷಣೆಗಳಾಗದಿದ್ದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ಸರಳ ರೇಖೆಯಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಸ್ವತಂತ್ರ ಚಲನೆಯಲ್ಲಿ ಕಳೆಯುವ ಕಾಲದ ಪ್ರಮಾಣದ ದೃಷ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಗಾಗಿಯೇ

ಕಳೆಯುವ ಕಾಲವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣವಿರುವುದರಿಂದ, ಅದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿಲ್ಲ.

(6) ಘರ್ಷಣೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸ್ಥಿತಿಸ್ಥಾಪಕ (Elastic) ರೀತಿಯವು. ಬಿಲಿಯರ್ಡ್ ಮೇಜಿನ ಮೇಲೆ ಚೆಂಡುಗಳು ಓಡಾಡುತ್ತಿರುವಾಗ ದಿಂಬು (Cushions) ಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವಾಗ ವೇಗದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದದೇ ಇರುವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿಯೇ, ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಘರ್ಷಣೆಗಳೂ ನಡೆಯುತ್ತವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ನುಣುಪಾದ ಮೇಲ್ಮೈಯುಳ್ಳ ಗಟ್ಟಿಯಾಗಿರುವ ಗೋಳಾಕಾರದ ಚೆಂಡುಗಳೆಂಬುದಾಗಿ ಎಣಿಸಬಹುದು.

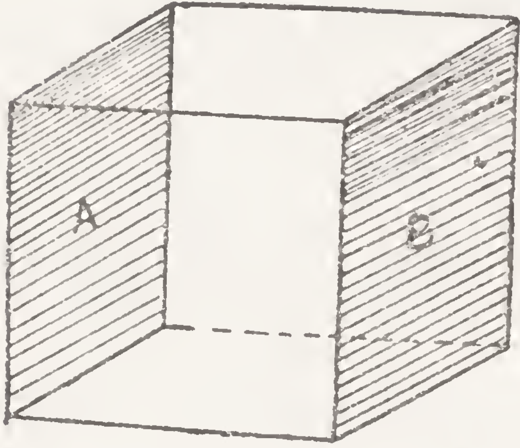
(7) ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶ (Absolute Temperature) ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯೂ ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ರೂಢಿಸುವ ವಿಧಾನ :—

ಒತ್ತಡವೆಂಬುದು ಬಲದ ಸ್ವರೂಪವುಳ್ಳದ್ದು. ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ, ಬಲವೆಂಬುದು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದ (Momentum) ಬದಲಾವಣೆಯ ದರ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಒಂದು ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ವೇಗವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಆವರಣದ ಗೋಡೆಗಳ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡುವಾಗ, ಅವುಗಳು ಪ್ರತಿಫಲನದಿಂದ ಆಗುವ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಆವರಣದ ಗೋಡೆಯ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವು 1 sq. cm ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳ ಚಲನಪರಿಮಾಣಗಳ ಬದಲಾವಣೆಯು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡ್ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆಯೋ ಆ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೇ ನಾವು ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮುಂದುವರಿಯೋಣ.

ಒಂದು cm. ಉದ್ದದ ಒಂದು ಘನ ಆವರಣವನ್ನು ನಾವು ತೆಗೆದು

ಕೊಂಡು ಇದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಎಲ್ಲ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿವೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿರುವ ಯಾವ ಎರಡು ಮುಖಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಕೊಂಡರೂ, ಅವುಗಳ ಅಂತ ರವು 1 cm ಇರುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಒಂದೊಂದು ಮುಖ (Face) ದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲವೂ 1 sq. cm ಇರು ತ್ತದೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರು ವಂತೆ A ಮತ್ತು B ಮುಖಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಓಡಾಡುತ್ತಿರುವ ಅಣುಗಳು ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಆವರಣದ ಮುಖಗಳ (A ಮತ್ತು B) ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಪರ್ಯಾಯ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ (Alternately) ಪ್ರತಿ ಫಲಿತವಾಗುತ್ತಿರುತ್ತವೆ.



ಚಿತ್ರ 46
ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ ಸಮೀಕರಣ ಏರ್ಪಡಿಕೆ.

1 c.c. ಆವರಣದಲ್ಲಿರುವ ಒಟ್ಟು ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ..n ಒಂದೊಂದು ಅಣುವಿನ ಜಡಮಾನ (mass)ವು....m ಅಣುಗಳ ವೇಗವನ್ನು ಘನ ಆವರಣದ ಮೂರು ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಮೂರು ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ವಿಭಜಿಸಿದರೆ, ಆ ವೇಗದ ವಿಭಜಿತಾಂಗಗಳು (Components) u, v ಮತ್ತು w ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಮೂಲ ವೇಗವು 'C' ಇರಲಿ.

A ಮತ್ತು B ಮುಖಗಳ ನಡುವೆ ಓಡಾಡುವಾಗ ಅಣುವು ಅವು ಗಳಿಗೆ ಲಂಬವಾದ ನೇರದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸಿ, ಅವುಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವಾಗ ವೇಗವು 'u' ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಹೀಗಿರುವಲ್ಲಿ B ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಎಲ್ಲ ಅಣು ಗಳೂ ಘರ್ಷಣೆಯ ಫಲವಾಗಿ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹೊಂದುವ ಪರಿಣಾಮ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಒಂದು ಅಣುವು 'u' ವೇಗದಿಂದ B ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಬಿದ್ದು ಅದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಫಲಿತವಾಗುವುದರಿಂದ;

ಮೊದಲು ಹೊಂದಿರುವ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ = mu_1
ಪ್ರತಿಫಲನವಾದ ಮೇಲೆ = $-mu_1$
ಚಲನಪರಿಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆ= $mu_1-(-mu_1)$
$=2\ mu_1$

B ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಘರ್ಷಣೆಯಾದ ಮೇಲೆ ಮತ್ತೆ ಅದೇ ಅಣುವು ಮತ್ತೊಂದು ಘರ್ಷಣೆಯನ್ನು ಮಾಡುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ 2cm ದೂರ ಚಲಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ 2cm ಚಲಿಸುವ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುವುದರಿಂದ 1 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಅಣುವು u_1 cms ಚಲಿಸುವುದರಿಂದ: 1 sec ಅಂತರದಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $=\frac{u_1}{2}$

ಒಂದೊಂದು ಘರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಯು 2mu ಆಗಿರುವುದರಿಂದ, ಒಂದು ಅಣುವಿನಿಂದ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಒಟ್ಟು ಬದಲಾವಣೆ= $2\ mu_1 \frac{u_1}{2}=mu_1^2$ ಹೀಗೆ ಆವರಣದಲ್ಲಿರುವ n ಅಣುಗಳನ್ನೂ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಇವುಗಳೆಲ್ಲದರ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ ಚಲನಪರಿಮಾಣದ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಮೊತ್ತವು

$=mu_1^2+mu_2^2+m{\cdot}u_3^2+\ldots+mu_n^2$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದನ್ನು Px ಎಂದು ಕರೆಯೋಣ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ Y ಮತ್ತು Z ಅಕ್ಷಗಳ ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳು Py ಮತ್ತು Pz ಇರಲಿ

$$P_y=mv_1^2+mv_2^2+\ldots\ldots+mv_n^2.$$

ಮತ್ತು $P_z=mw_1^2+mw_2^2+\ldots\ldots+mw_n^2.$

ಇಲ್ಲಿ u_1, v_1, ಮತ್ತು w_1ಗಳು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಅಣುವಿನ ವೇಗವಾದ c_1ಗೆ x, y, z ನೇರಗಳಲ್ಲಿ ಇರುವ ವಿಭಜಿತಾಂಗಗಳು (components)

$\therefore\ c_1^2=u_1^2+v_1^2+w_1^2.$

ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ಎಲ್ಲ ನೇರಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ $P_x=P_y=P_z=P$ ಇರಲಿ.

ಆದ್ದರಿಂದ $p=\frac{1}{3}(Px+Py+Pz)$.

$$p=\frac{1}{3}m\left\{\left(u_1^2+v_1^2+w_1^2\right)+\left(u_2^2+v_2^2+w_2^2\right)+\cdots\right.$$

$$\left.\cdots\cdots+\left(u_n^2+v_n^2+w_n^2\right)\right\}$$

$$=\frac{1}{3}m\left\{c_1^2+c_2^2+c_3^2+\cdots\cdots c_n^2\right\}$$

$$=\frac{m}{3}\left\{c_1^2+c_2^2+\cdots\cdots+c_n^2\right\}$$

ಈಗ $\left(\frac{c_1^2+c_2^2+\cdots\cdots+c_n^2}{n}=\right)=\overline{c^2}$ ಎಂದು ಇಟ್ಟು ಕೊಂಡರೆ,

$p=\frac{m}{3}\cdot n\,\overline{c^2}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ $\overline{c^2}$ ಎಂಬುದು ಅಣುಗಳ ವೇಗಗಳ ವರ್ಗಗಳ ಸರಾಸರಿ ಸಂಖ್ಯೆ. (mean square)

ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿರುವುದು 1 sq. cm ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮುಖದ ಮೇಲೆ ಆಗುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡ್‌ನಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳ ದರವಾಗುತ್ತದೆ. ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಇದಕ್ಕೆ ನಾವು 1 sq. cm ಮೇಲಿನ ಬಲ ಅಥವಾ ಒತ್ತಡ (pressure) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು ಅಂದ ಮೇಲೆ ಇದನ್ನು 'p' ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ನಮಗೆ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮೀಕರಣವು ಬರುತ್ತದೆ. ಇದೇ

$$p=\frac{1}{3}mn\overline{c^2},$$

m=ಅಣುವಿನ ಜಡಮಾನ. 1 c.c ಯಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ=n. ಆದ್ದರಿಂದ $mn=\rho$=ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಇದರಿಂದ

$$p=\frac{1}{3}\rho\overline{c^2}.$$

ಅಥವಾ $\overline{c^2}=\frac{3p}{\rho}$

,, $\sqrt{\overline{c^2}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$ = c. ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಇದನ್ನು ಅನಿಲದ ಸರಾಸರಿ ವರ್ಗಮೂಲ ವೇಗ ಎಂದು (Root mean square) ಹೆಸರು. ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡ, ಸಾಂದ್ರತೆಗಳಿಗೂ, cಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ

ಈಗ c ಗೂ ಸರಾಸರಿವೇಗ $\overline{c}$ ಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದು ಉಚಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\overline{c} = \frac{\left(c_1 + c_2 + \ldots\ldots\ldots\ldots + cn\right)}{n}$$

$$C = \sqrt{\frac{c_1{}^2+c_2{}^2+\ldots\ldots\ldots\ldots+cn^2}{n}}$$

1, 2, 3 ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೇ ಇವುಗಳ ಸರಾಸರಿಯು $\frac{1+2+3}{3}$ = 2 ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇವುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವರ್ಗಮೂಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$\sqrt{\frac{1^2+2^2+3^2}{3}} = \sqrt{\frac{14}{3}} = \underline{2{\cdot}16}$$

ಈಗ ಸಾಧಿಸಿದ ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಹಲವಾರು ಅನಿಲದ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

$[p=\frac{1}{3}\rho\overline{c^2}]$

ಇದರಲ್ಲಿ ನಾವು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ತೂಕ m ಆಗಿದ್ದು, v ಅದರ ಘನ ಪ್ರಮಾಣ

ವಾದರೆ, $\rho = \frac{m}{v}$ ಅಥವಾ

$$pv = \frac{1}{3} m\overline{c^2}.$$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈ 'm' ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ನಾವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ತೂಕವಾದ ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲರ್ ತೂಕ 'M' ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಘನ ಪ್ರಮಾಣವು V ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವು

$$PV = \frac{1}{3} M\overline{c^2}$$ ಆಗುವುದು.

ಇದರಲ್ಲಿ ಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಮನ್ವಯಿಸಿದಲ್ಲಿ

$$PV = RT$$ ಆಗುತ್ತದೆ.

'R' ಎಂಬುದು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವ ಸಾರ್ವತ್ರಿಕ ಅನಿಲ ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿ (universal gas constant) ಇರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ,

$$\frac{1}{3} M\overline{c^2} = RT$$

ಅಥವಾ $\overline{c^2} = \frac{3RT}{M}$.

$$\sqrt{\overline{c^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}.$$

ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ವೇಗಗಳ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ತಿಳಿಯಲು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಈಗ ಜಲಜನಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ r. m. s. ವೇಗವನ್ನು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಬಹುದು.

$$\sqrt{\overline{c^2}} = \sqrt{\frac{3P}{\rho}}$$

S. T. P. ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ

ಜಲಜನಕದ ಸಾಂದ್ರತೆ 0.8987×10^{-4} ಗ್ರಾಂ/c.c

$P = 76 \times 13.6 \times 981$ ಡೈನ್/ಚ. ಸೆಂ.

$$\therefore \sqrt{\overline{c^2}} = \sqrt{\frac{3 \times 76 \times 13.6 \times 981 \times 10^4}{0.8987}}$$

$= 1.84 \times 10^5$ cms/sec
at(0^0c and 76 cms pr)
(ಅಂದರೆ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ ಸುಮಾರು 1.15 ಮೈಲಿಗಳ ವೇಗ

logs :—
log 3=0.4771
,, 76=1.8808
,, 13.6=1.1335
,, 981=2.9917
,, 104=4.0000

,, 10.4831
log 0.8987=$\bar{1}$. 9637

10.5295

o°c ಅಲ್ಲದೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕೂಡ ವೇಗಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ವೇಗವು ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ.

antilog$(\frac{1}{3} \times 10.5295)$
$= 1.84 \times 10^5$

o°c ಅಥವಾ ($T_o = 273°$ A) ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ವೇಗವು c_o ಮತ್ತು t°c ($273 + t = T°$ A)ನಲ್ಲಿ ವೇಗವು c ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$\frac{c}{c_o} = \sqrt{\frac{T}{T_o}}$$

ಅಥವಾ $$c = c_o \sqrt{\frac{T}{T_o}}$$

ಆದ್ದರಿಂದ 27^0c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಜಲಜನಕ ಅಣುಗಳ ವೇಗವು

$$C = 1.84 \times 10^5 \times \sqrt{\frac{273+27}{273}}$$

$$= 1.84 \times 10^5 \times \sqrt{\frac{300}{273}}$$

$$= 1.9.29 \times 10^5 \qquad \text{cms/sec}$$

ಇದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ, ನಾವು ನೇರವಾಗಿಯೇ

$$\sqrt{\overline{C^2}} = \sqrt{\frac{3\,RT}{M}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 10^7 \times 300}{2.016}}$$

$= 1.926 \times 10^5$ cms/sec ಬರುತ್ತದೆ.

ಇದುವರೆಗೂ ನಾವು ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ನಮಗೆ ಈಗಾಗಲೇ ಪ್ರಯೋಗಸಿದ್ಧವಾಗಿರುವ ಕೆಲವು ಅನಿಲ ನಿಯಮಗಳಿಗೂ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಿದಲ್ಲಿ ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ

(1) ಬಾಯೆಲ್ ನಿಯಮ (Boyle's Law)

$$PV = \frac{1}{3} M\overline{C^2}$$

M ಎಂಬುದು ಅನಿಲದ ತೂಕವಾದರೆ,

$$\frac{1}{2} M\overline{C^2} = E = \text{ಅನಿಲದ ಒಟ್ಟು ಚಲನ ಶಕ್ತಿ.}$$

$$PV = \left\{\frac{2}{3} \times \frac{1}{2}\right\} M\overline{c^2} = \frac{2}{3} E$$

ನಾವು ಭಾವಿಸಿರುವಂತೆ, ಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಶಕ್ತಿ ಅವುಗಳ ಚಲನ (Translatory motion)ದಿಂದಲೇ ಉತ್ಪನ್ನವಾದುದು. ಆದುದರಿಂದ ಶಾಖ ರೂಪದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕೊಡುವ ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲ ಅನಿಲದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದಿದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೂ ಅಧಿಕವಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿರಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ, ಒಂದು ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ನಿಯತವಾಗಿದ್ದು ಬದಲಾವಣೆ

ಹೊಂದದಿದ್ದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ E ಅಥವಾ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯೂ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವಂತಿಲ್ಲ, ಹೀಗಾಗಿ $PV = \frac{2}{3} E$ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ನಾವು PV = Constant (at Constant temperature) ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಇದೇ ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮ ಎಂಬುದು.

(2) **ಚಾರಲ್ ನಿಯಮ** (Charle's Law)

ಇನ್ನೊಂದು ಹೆಜ್ಜೆ ಮುಂದುವರೆದರೆ, ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ.

ನಾವು M ಎಂಬುದನ್ನು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿ ಕ್ಯುಲರ್ ತೂಕವನ್ನಾಗಿಟ್ಟು ಕೊಂಡು N ಎಂಬುದನ್ನು ಅವಗಾಡ್ರೊ ಸಂಖ್ಯೆ (Avogadro)ಯನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$M=Nm$ (m=ಒಂದು ಅಣುವಿನ ತೂಕ).

$PV=\frac{1}{3}M\overline{c^2}=\frac{1}{3}Nm\ \overline{c^2}$.

(N = ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲಿನಲ್ಲಿ ಇರತಕ್ಕ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ) ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಮಗೆ ಕಂಡುಬಂದಿರುವ ನಿಯಮವು

$$PV = RT$$

ಇವೆರಡನ್ನು ಹೊಂದಿಸಿದರೆ,

$$\frac{1}{3}Nm\ \overline{c^2} = RT$$

ಅಥವಾ $$\frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2} Nm\overline{c^2} = RT$$

$$E = \frac{1}{2}M\overline{c^2}$$

$$\therefore \quad \frac{2}{3}E = RT$$

$$E = 3/2\ RT$$

ಇದೇ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಗೂ, ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ನಿಯಮವಾಗುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶವು O°A ಆದರೆ, ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯೂ ಶೂನ್ಯ (Zero) ಆಗ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ ಅದರ ಚಲನ ಶಕ್ತಿ

$$e = \frac{1}{2} m\overline{c^2} = \frac{3}{2} \frac{R}{N} T$$

$$= \frac{3}{2} k T$$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇಲ್ಲಿ k = ಬೋಲ್ಟ್ಜ಼ಮನ್ ನಿಯತಾಂಕ (Boltzmann Constant)

$$= \frac{R}{N} = \frac{8.31 \times 10^7}{6.06 \times 10^{23}} = \underline{1.37} \times \underline{10^{-16}}$$

(3) **ಅವಗಾಡ್ರೋ ನಿಯಮ** (Avogadro's hypothesis)

A ಮತ್ತು B ಎಂಬ ಎರಡು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇವೆರಡೂ ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿದ್ದಾಗ, ಅವುಗಳ ಘನ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಒಂದೇ ಸಮ ನಾಗಿ 'v' ಆಗಿರಲಿ. ಅವುಗಳ ಒತ್ತಡವೂ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ 'p' ಇರು ತ್ತದೆ. ಅವುಗಳ ಅಣುಗಳ ತೂಕಗಳು m_1, m_2 ಆಗಿದ್ದು, ಅವುಗಳ ವೇಗ ಗಳು $\sqrt{\overline{c_1^2}}$ ಮತ್ತು $\sqrt{\overline{c_2^2}}$ ಎಂದು ತಿಳಿಯೋಣ. ಹೀಗಾದರೆ,

A ಅನಿಲಕ್ಕೆ $$pV = \frac{1}{3} N_1 m_1 \overline{c_1^2}$$

B ,, $$pV = \frac{1}{3} N_2 m_2 \overline{c_2^2}$$

[V c.c. ಯಲ್ಲಿ A ಅನಿಲದಲ್ಲಿ N_1 ಅಣುಗಳೂ, B ಅನಿಲದಲ್ಲಿ N_2 ಅಣುಗಳೂ ಇವೆ.]

A ಮತ್ತು Bಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಸಮಾನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ,

$$\frac{1}{2} m_1 \overline{c_1}^2 = \frac{1}{2} m_2 \overline{c_2}^2$$

$$m_1 \overline{c_1^2} = m_2 \overline{c_2^2}$$

ಆದ್ದರಿಂದ, $N_1 = N_2$

ಅಂದರೆ, ಒಂದೇ ಒತ್ತಡ, ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿರತಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳ ಘನ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಸಮವಾಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿರತಕ್ಕ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ಅವಗಾಡ್ರೋ ನಿಯಮ.

(4) **ಗ್ರಾಹಾಂ ನಿಯಮ** (Graham's Law of Diffusion)

ಎರಡು ಅನಿಲಗಳು ಪೋರ್ಸಿಲೈನ್ ಪಾತ್ರೆಗಳಂಥ ಸರಂಧ್ರ (Porous) ವಸ್ತುಗಳ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅಣುಗಳ ವಿನಿಮಯವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿನಿಮಯದ ವೇಗವು (Rate of diffusion) ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗ್ರಾಹಾಂ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ವಿನಿಮಯದ ವೇಗವು ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆಯ ವರ್ಗ ಮೂಲಕ್ಕೆ ಪ್ರತಿಲೋಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಇರುತ್ತದೆ. The rate of diffusion of a gas is inversely proportional to the square root of its density.

ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳು ವರ್ತಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ r. m. s ವೇಗಕ್ಕೂ ವಿನಿಮಯ ವೇಗಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವಿರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಎರಡು ಅನಿಲಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳು ρ_1, ρ_2 ಆಗಿದ್ದು $\sqrt{\overline{C_1^2}}$, $\sqrt{\overline{C_2^2}}$ ಅವುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗಗಳಾಗಿದ್ದರೆ, 'p' ಎಂಬುದು ಎರಡಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಒತ್ತಡವಾಗಿದ್ದರೆ,

$$\sqrt{\overline{C_1^2}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho_1}} = C_1$$

$$\sqrt{\overline{C_2^2}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho_2}} = C_2$$

ಆದರೆ, $\dfrac{\text{ವಿನಿಮಯದ ವೇಗ}_1}{\text{ವಿನಿಮಯದ ವೇಗ}_2} = \dfrac{C_1}{C_2} = \sqrt{\dfrac{\rho_2}{\rho_1}}$

ಇದು ಗ್ರಾಹಾಂ ನಿಯಮದ ಸಮರ್ಥನೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

(5) ಡಾಲ್ಟನ್ ನಿಯಮ

'v' ಎಂಬ ಘನ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ A, B,....ಮುಂತಾದ ಅನಿಲಗಳು ಅಡಗಿರಲಿ.

A :—ಅಣುಗಳ ತೂಕ m_1, ಸಂಖ್ಯೆ, n_1 ಸರಾಸರಿ ವೇಗ C_1

B :— ,, m_2 ,, n_2 ,, C_2

ನಾವು ಹಿಂದೆ ಅನುಸರಿಸಿದ ಮಾರ್ಗವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದರೆ

p = ಎಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳ ಒತ್ತಡಗಳ ಮೊತ್ತ

$$p = \frac{1}{3}\frac{n_1\ m_1 c_1^2}{v} + \frac{1}{3}\frac{n_2\ m_2\ c_2^2}{v} +$$

'v' ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ A ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಇದ್ದಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಒತ್ತಡವು $p_1 = \frac{1}{3}\cdot\frac{n_1 m_1 c_1^2}{v}$ ಆಗುವುದು.

ಹೀಗೆಯೇ B ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳು ಮಾತ್ರ ಒಟ್ಟು ಆವರಣ vನಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಅದರ ಒತ್ತಡ $p_2 = \frac{1}{3}\frac{n_2 m_2 c_2^2}{v}$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$$\therefore\ p = p_1 + p_2 + \cdots\cdots$$

ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲವೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾಗಿದ್ದರೆ, ಯಾವ ಒತ್ತಡವು ಸಂಭವಿಸುತ್ತಿತ್ತೋ ಈ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ಬರುವ ಒತ್ತಡವೇ p ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಡಾಲ್ಟನ್ ನಿಯಮ.

(6) ಅನಿಲದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣಗಳು

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ನಾವು ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 1°C ಏರಿಸಿದರೆ, ನಾವು ಕೊಡುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು C_v ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಶಾಖವನ್ನು ಒದಗಿಸುವುದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಚಲನೆಯು ಸ್ವಲ್ಪ ತ್ವರಿತವಾಗಿ ಅವುಗಳ ಆಂತರ್ಯ ಶಕ್ತಿ (Internal energy)ಯು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಆಂತರ್ಯ ಶಕ್ತಿಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ :

$$E = \frac{3}{2} T R$$

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು T° ಇಂದ $(T^\circ + 1^\circ)$ಗೆ ಏರಿಸಿದರೆ, ಶಕ್ತಿಯು

ಆದರೆ, $E^1 = \frac{3}{2} R (T+1)$

$$(E^1 - E) = \frac{3}{2} R (T+1) - \frac{3}{2} R T$$

ಇದು C_v (ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ)ಗೆ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು ಅಂದರೆ,

$$C_v = \frac{3}{2} R$$

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಿರುವಂತೆ

$$C_p - C_v = R \text{ (ಶಾಖ ಮಾನದಲ್ಲಿ)}$$

$$\therefore \quad C_p = C_v + R = \frac{5}{2} R.$$

ಅಥವಾ $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{5/2\ R}{3/2\ R} = 5/3$

ಇದು ಏಕಪರಮಾಣು (Monatomic) ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಹೀಲಿಯಂ (He), ಪಾದರಸದ ಹಬೆ (mercury vapour) ಮೊದಲಾದ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಸರಿಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಚಲನೆಯ ಮಾತ್ರೆಗಳು (Degrees of freedom).

ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದರ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಕೆಲವು ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಮೂಲಕ ಸೂಚಿಸುತ್ತೇವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ಮೂರು ಗೊತ್ತಾದ, ಪರಸ್ಪರ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಅಕ್ಷ (axes) ಗಳಿಂದ ಸ್ಥಾನ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಇರುವ ದೂರಗಳನ್ನು ಅಳೆದು ಅವುಗಳನ್ನು ಸ್ಥಾನಸೂಚಸಂಖ್ಯೆ (co-ordinates) ಗಳೆಂದು ತಿಳಿಸುತ್ತೇವೆ. ಹೀಗೆ ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಎಷ್ಟು

ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆಯೆಂಬುದು ಚಲನದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಒಂದೇ ನೇರದಲ್ಲಿ ಸಾಗುವ ಚಲನೆಗೆ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆ ಸಾಕು. ಸಮತಲದ ಮೇಲಿರುವ ಒಂದು ನಾಣ್ಯಕ್ಕೆ ಎರಡು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುತ್ತವೆ. ಆಕಾಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಮೂರು ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಬೇಕಾಗುವುವು, ಹೀಗೆ ಬೇರ ಬೇರೆ ಸ್ವತಂತ್ರವಾದ ಅಂಕಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದರಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ಸ್ಥಾನವನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು ಅವುಗಳಿಗೆ ಚಲನೆಯ ಮಾತ್ರೆಗಳು ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಈಗ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಒಂದು ಬಿಂದುವನ್ನಾಗಿ ಎಣಿಸಿದರೆ ಅದರ ಕೇವಲ ವಾಹಕ (Translational) ಚಲನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಮೂರು ಮಾತ್ರೆಗಳು ಬೇಕಾಗುವುವು. ಹೀಗೆಯೇ ಒಂದು ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ N ಪರಮಾಣುಗಳಿದ್ದರೆ, ಒಟ್ಟು 3N ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳಿರುವುವು. ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಒಂದು ಸಣ್ಣಗೋಳ (rigid sphere) ವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ. ವಾಹಕ ಚಲನದೊಂದಿಗೆ ಮೂರು ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳ ಸುತ್ತ ಭ್ರಮಣ ಮಾಡಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ, ಈ ಭ್ರಮಣ (rotation) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಇನ್ನೂ ಮೂರು ಮಾತ್ರೆಗಳು ಸೇರಿ, ಒಟ್ಟು 6 ಮಾತ್ರೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ (monatomic) ಅನಿಲ ಅಣುವಿಗೆ ಮೂರು ಮಾತ್ರೆ (degrees)ಗಳು ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಅಣುವಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಪರಮಾಣುಗಳು ಒಂದು ಡಂಬೆಲ್ (dumb-bell) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿದ್ದರೆ (diatomic gas) ಇದಕ್ಕೆ ಒಟ್ಟು 5 ಮಾತ್ರೆಗಳು ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂರು ವಾಹಕ ಚಲನಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಪಟ್ಟು, ಮಿಕ್ಕ ಎರಡು ಭ್ರಮಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪರಮಾಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಅವುಗಳ ರಚನೆಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವಂತೆ ನಾವು ಅನಿಲದ ಅಣುವಿಗೆ ಒಟ್ಟು ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಬೋಲ್ಟ್ಜ್‌ಮನ್ ನಿಯಮ.

ಕ್ರಿ. ಶ. 1859 ರಲ್ಲಿ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಒಂದು ತತ್ತ್ವ

ವನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ ಅನಿಲದ ಅಣುವಿನ ಆಂತರ್ಯ ಶಕ್ತಿಯು (internal energy) ಅದರ ವಿವಿಧ ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳಲ್ಲಿ ಸಮವಾಗಿ ವಿಭಾಗವಾಗಿರುತ್ತವೆ ಇದನ್ನೇ ಮುಂದುವರೆಸಿ, ಕ್ರಿ. ಶ. 1861ರಲ್ಲಿ ಬೋಲ್ಟ್ಜಮನ್ (Boltzmann) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಇನ್ನೂ ವಿಶದವಾಗಿ ಸಮ ವಿಭಾಗ ತತ್ತ್ವವನ್ನು (Equipartition of Energy) ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿದನು. ಇದರಂತೆ, ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಒಂದೊಂದು ಮಾತ್ರೆಗೂ ಒಂದು ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿಸಬಹುದು, ಇದನ್ನು ಒಟ್ಟು ಮಾತ್ರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ನಿರ್ದಿಷ್ಟಯಿಂದ ಗುಣಿಸಿದರೆ, ಅಣುವಿನ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು ಬರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಒಂದೇ ಪರಮಾಣುವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಅಣುಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ (monatomic) ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಈ ಅನಿಲದ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್ ತೂಕವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಆಂತರ್ಯ ಶಕ್ತಿಯು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ

$$E = \tfrac{3}{2} R T.$$

ಇದರಲ್ಲಿ N ಅಣುಗಳಿರುವುದರಿಂದ

ಒಂದು ಅಣುವಿನ ಶಕ್ತಿಯು $e = \frac{E}{N} = \frac{3}{2}\frac{R\ T}{N} = \frac{3}{2}K\ T$

ಇಂಥ ಅಣುವಿಗೆ ಇರುವ ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳು 3 ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ಚಲನೆ ಮಾತ್ರೆಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ

ಶಕ್ತಿಯು $\frac{3/2\ K\ T}{3} = \frac{1}{2}\ K\ T.$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಈಗ ಯಾವುದಾದರೂ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಅದರ ಅಣುವಿಗೆ ಚಲನ ಮಾತ್ರಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು x ಆಗಿದ್ದರೆ. ಅಂಥ ಅಣುವಿನ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು $\frac{1}{2}\,x.\ K\,T$ ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲಿಗೆ ಇರುವ ಶಕ್ತಿ

$$= \tfrac{1}{2}\,x\cdot K.\ T.\ N$$

$$= \tfrac{1}{2}\,x.\ R.\ T.$$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ C_v ಇದ್ದರೆ $[dE = c_v\, dT]$

$$C_v = \frac{dE}{dT} = \frac{1}{2} x. R.$$

(4ನೇ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ c_v = M grams ತೂಕದ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 1° ಏರಿದರೆ, ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖ]

ಮತ್ತೊಂದು ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ C_p ಆಗಿದ್ದರೆ,

ಪೂರ್ಣ ಅನಿಲಕ್ಕೆ $C_p = C_v + R$

$$\therefore C_p = \tfrac{1}{2} x \cdot R + R$$

$$\therefore \gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{1}{2} x R + R}{\frac{1}{2} x R} = \frac{\frac{1}{2} R (x+2)}{\frac{1}{2} R x}$$

$$\gamma = \frac{x+2}{x} = 1 + \frac{2}{x}$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ γ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ, ಅನಿಲದ ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಯಿತು. ಈಗಾಗಲೇ ವಿವರಿಸಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ γ ಸಂಖ್ಯೆಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಅನಿಲದ ಅಣುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನು (Atomicity of the gas) ತಿಳಿಯಲು ಅವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ಅನಿಲದ ಆಂತರ್ಯ ಶಕ್ತಿಯಲ್ಲಿ ಅದರ ವಾಹಕ (Translational) ಮತ್ತು ಭ್ರಮಣ (Rotation) ಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಶಕ್ತಿಗಳು ಮಿಲಿತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ E_t ಎಂಬುದು ವಾಹಕ ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ E ಎಂಬುದು ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯನ್ನೂ ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$\frac{E_t}{E} = \frac{\frac{3}{2} R}{\frac{x}{2} R} = \frac{3}{x}.$$

ಆದರೆ, $\gamma = 1 + \frac{2}{x}$.

$$\therefore \frac{(\gamma-1)}{2} = \frac{1}{x}.$$

$$\therefore \frac{E_t}{E} = \frac{3(\gamma-1)}{2}.$$

ಈ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಯಾವ ರೀತಿ ಸಮರ್ಥಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಅಣುವಿನರಚನೆ	ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ	C_v. (Cals)	γ.	$\frac{3(\gamma-1)}{2}$
ಏಕಪರಮಾಣು (Manatomic)	3	2.98	1.667	1
ದ್ವಿಪರಮಾಣು (Diatomic (a) ಭ್ರಮಣವಿಲ್ಲದೆ (Without vibration)	5	4.97	1.400	0.6
(b) ಭ್ರಮಣದೊಂದಿಗೆ (With vibration)	7	6.95	1.286	0.43
ಬಹುಪರಮಾಣು (Poly-atomic) (Without vibration)	6	5.96	1.33	0.50
ಆಂದೋಲನದೊಂದಿಗೆ (With vibration)	8	7.95	1.25	0.375

ಈ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಅನಿಲದ ವಾಸ್ತವ ಅಂಕಿಗಳೊಡನೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸಮರ್ಥನೆಯಿದ್ದರೂ, ಕ್ಲೋರಿನ್ ಅನಿಲ ಮಾತ್ರ ಇದಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವುದಿಲ್ಲ.

ಒಂದೇ ಒಂದು ಪರಮಾಣು ಇರುವ ಅಣುಗಳ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ

ಶಕ್ತಿಯೆಲ್ಲವೂ ವಾಹಕರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆಯೆಂಬುದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣವನ್ನೂ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಬಹುದು. ಈ ವಸ್ತುಗಳ ಅಣುಗಳಿಗೆ ತಮ್ಮ ಸ್ವಸ್ಥಾನಗಳಿಂದ ಎರಡು ಕಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ, ಒಂದು ಆವರ್ತರೀತಿಯಲ್ಲಿ (Simple Harmonic Motion) ಚಲಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿರುವುದರಿಂದ, ಅವುಗಳ ವೇಗಗಳಿಗೆ ಇರುವ ಮೂರು ಅಂಗಗಳಿಗೆ (Components) ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಮೂರು ಚಲನ ಮಾತ್ರೆಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಚಲನದಲ್ಲಿ ಚಲನ ಮತ್ತು ಪ್ರಚ್ಛನ್ನ (Kinetic & potential) ಶಕ್ತಿಗಳೆರಡೂ ಇರುವುದರಿಂದ ಒಂದು ಅಣುವಿಗೆ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿಯು $(2 \times \frac{1}{2} \text{ K T}) = \text{K T}$. ಇರುವುದು ಇದು ಒಂದು ಚಲನ ಮಾತ್ರಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವುದರಿಂದ 3 ಮಾತ್ರೆಗಳಿಗೂ ಸೇರಿ 3 K T ಆಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲಿಗೆ $3.\text{ K. N. T}=3\text{RT}=\text{E}$ ಆಗುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ $C_v = \frac{dE}{dT} = 3\text{ R}$.

$C_v = 3 \times 1.98 = 5.94$ ಕ್ಯಾಲರಿಗಳಾಗುತ್ತದೆ. ಡ್ಯೂ ಲಾಂಗ್ ಪೆಟಿಟ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಇರಬೇಕಾದ 6.4 ಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಅಣುಗಳ ಸ್ವಚ್ಛಂದ ಮಾರ್ಗ (Molecular Free Path)

ಈಗ ನಾವು ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ವಿಧಾನವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಒಳಹೊಕ್ಕು ನೋಡಬೇಕು—ಈಗಾಗಲೇ ಸಮೀಕರಣಗಳ ಮೂಲಕ ಸಾಧಿಸಿರುವಂತೆ ಅಣುಗಳ ವೇಗ ಅಪಾರವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಇದರ ಪ್ರಮಾಣ ಸುಮಾರು ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿಗೆ 400 ಮೀಟರ್‌ಗಳಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಚಲನವನ್ನು ತಡೆಯಲು ಯಾವ ಬಲವೂ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಇಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ವೇಗಗಳನ್ನು ನಾವು ನಂಬಬಹುದೇ ಎಂಬ ಶಂಕೆ ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಆದರೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದಿರುವಂತೆ ಅನಿಲದ ಕಣಗಳು ಇಷ್ಟು ವೇಗವಿದ್ದರೂ, ಶೀಘ್ರವಾಗಿ ತಪ್ಪಿಸಿಕೊಂಡು ಹೋಗದೆ ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಲು ಏನೋ ಕಾರಣವಿರಬೇಕೆಂದು ಊಹಿಸಬಹುದು.

ಕ್ಲಾಸಿಯಸ್ (Clausius) ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಒಂದು ಸಮಂಜಸವಾದ ಕಲ್ಪನೆ (assumption) ಯನ್ನು ಮಾಡಿ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಬಗೆಹರಿಸಿದನು. ಈ ಕಲ್ಪನೆ ಈ ರೀತಿಯಿದೆ. ಅಣುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾದ, ಮತ್ತು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ಪರಿಮಾಣ (Volume) ಇದೆ. ಒಂದೊಂದು ಕಣವೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಮಿಕ್ಕ ಕಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಧಿಸಲೇ ಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ—ಒಂದು ಕಣಕ್ಕೂ ಮತ್ತೊಂದು ಕಣಕೂ ಘರ್ಷಣೆ (Collision) ನಡೆಯುವುದರ ಫಲವಾಗಿ, ಅದರ ವೇಗ ಮತ್ತು ಗಮನ ಮಾರ್ಗಗಳು ಬದಲಾಗುತ್ತ ಹೋಗಬೇಕು. ಎರಡು ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವೆ ಕಣವು ಒಂದು ನೇರಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ಚಲಿಸಬೇಕು. ಆದುದರಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಕಣದ ಗಮನಮಾರ್ಗವೂ ವಕ್ರ ವಕ್ರವಾಗಿಯೇ (Zig-Zag) ಇರುವುದು. ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವೆ ಇರುವ ಅಂತರ ದೂರವು ಒಂದೇಸಮನಾಗಿ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಸರಾಸರಿ ಬೆಲೆ (average Value) ಇದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು ಮತ್ತು ಅಣುವಿನ ವೇಗಕ್ಕೂ ಒಂದು ಸರಾಸರಿ ಬೆಲೆಯನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಮಾಡಬಹುದು. ಒಂದು ಘರ್ಷಣೆಗೂ ಮುಂದಿನ ಘರ್ಷಣೆಗೂ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಅಣುವು ಚಲಿಸುವ ಸರಾಸರಿ ದೂರವನ್ನು λ ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನೇ mean free path ಅಥವಾ ಸರಾಸರಿಸ್ವಚ್ಛಂದ ಮಾರ್ಗವೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದನ್ನು ನಾವು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಿಂದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ವಿಸ್ಕಾಸಿಟಿ (Viscosity), Conduction, ಉಷ್ಣವಹನ, ಮತ್ತು ಡಿಫ್ಯೂಷ್ (diffusion) ಮೊದಲಾದ ಅಂಶಗಳ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ತಿಳಿಯಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಸರಾಸರಿ ಅನಿಯಂತ್ರಿತ ಚಲನದೂರ (Mean free Path)

ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವೆ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತವಾಗಿ ಅನಿಲದ ಅಣುವು ಓಡಾಡುವ ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ನಾವು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಕಲ್ಪನೆಯನ್ನು (assumption) ಮಾಡಬಹುದು. ಅದೇನೆಂದರೆ, ನಾವು ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಅಣುವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಅಣು

ಗಳೂ ಅಚಲ (at rest) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆಯೂ, ಆ ಒಂದು ಅಣುವು ಮಾತ್ರ ಚಲಿಸುತ್ತ ಮಿಕ್ಕ ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತ ಸಾಗುವುದೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. ಒಂದೊಂದು ಅಣುವೂ σ ಎಂಬ ಪ್ರಮಾಣದ ವ್ಯಾಸ ಗೋಳಾಕೃತಿ (Sphere) ಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಊಹಿಸೋಣ. ಎರಡು ಅಣುಗಳು ಸಂಧಿಸಿ ಘರ್ಷಣೆಯಾಗಬೇಕಾದರೆ, ಅವುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು σ ಒಳಗಿನ ದೂರದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಅಂದರೆ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುವು ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದಬೇಕಾದರೆ, ಆ ಅಣುವಿನ ಕೇಂದ್ರದ ಸುತ್ತಲೂ σ ತ್ರಿಜ್ಯ (Radius) ವುಳ್ಳ ಒಂದು ಗೋಳವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದರೆ, ಈ ಗೋಳದೊಳಗೆ ಇರುವ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೂ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ ಹೀಗೆ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಗೋಳಕ್ಕೆ ಪ್ರಭಾವದ ಗೋಳ (Sphere of influence) ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು.

ಈಗ ನಮ್ಮ ಗಮನದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುವು ಅನಿಲದಲ್ಲಿ $\bar{C}$ ವೇಗದಿಂದ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಪ್ರಭಾವ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಹೀಗೆ ಸಂಚರಿಸುವ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯ ಘನ ಪ್ರಮಾಣವು $\pi\sigma^2\bar{C}$ ಇರುತ್ತದೆ. [ತಳದ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ $\pi\sigma^2$ ಉದ್ದ $\bar{C}$ ಉಳ್ಳ ಸಿಲಿಂಡರ್]. ಒಂದು c. c. ಯಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ n ಆಗಿದ್ದರೆ, ಮೇಲೆ ಸೂಚಿಸಿರುವ ಅವಕಾಶದಲ್ಲಿ $\pi\sigma^2\bar{C}n$ ಅಣುಗಳ ಕೇಂದ್ರಗಳು ಅಡಗಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $\nu = \pi\sigma^2\bar{C}n$.

λ ಎಂಬುದು ಎರಡು ಘರ್ಷಣೆಗಳ ನಡುವೆ ಚಲಿಸುವ ಅನಿರ್ಬಂಧಿತ ದೂರದ ಪ್ರಮಾಣವಾದರೆ

$$\lambda = \frac{\bar{C}}{\nu} = \frac{\bar{C}}{\pi\sigma^2\bar{C}n} = \frac{1}{\pi\sigma^2 n}$$

ನಾವು ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಕಲ್ಪನೆಯ ಪ್ರಕಾರ ವಾಸ್ತವ ಸ್ಥಿತಿ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಏಕೆಂದರೆ, ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳೂ ಕೂಡ ನಿರಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತವೆ. ಎಲ್ಲ ಚಲನೆಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತಂದುಕೊಂಡು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್

ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಈ ಕೆಳಗೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ.

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\ \pi\ n\sigma^2}.$$

ρ ಎಂಬುದು ಅನಿಲದ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$n \propto \rho \therefore \lambda \propto \frac{1}{\rho}$$

'p' ಎಂಬುದು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ, $p \propto \rho$.

$$\therefore\ \lambda \propto \frac{1}{p}.$$

N. T. P. ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ n ಎಂಬುದು Loschmidt ಸಂಖ್ಯೆಯೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

$N =$ ಅವಗಾಡ್ರೊ ಸಂಖ್ಯೆ $= 6 \times 10^{23}$

N. T. P. ಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಗ್ರಾಂ ಮಾಲಿಕ್ಯೂಲ್‌ನ ಘನ ಪ್ರಮಾಣ (Volume) = 22.4 litre ಗಳು = 22,400 c.c

ಆದ್ದರಿಂದ $n = \frac{6 \times 10^{23}}{22,400} = 2.7 \times 10^{19}$.

ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ತಿಳಿಸುವ ವಿಚಾರಗಳಿಂದಲೂ, ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣವಹನ ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಂದಲೂ. σ ಎಷ್ಟಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಅಂದಾಜುಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಇದರ ಪ್ರಕಾರ $\sigma = 3 \times 10^{-8}$ c m. ಈ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡರೆ,

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt{2} \times \pi \times 2.7 \times 10^{19} \times 9 \times 10^{-16}}$$

$$= 9 \times 10^{-6}\ \text{cm}.$$

ಇದು ಇಷ್ಟು ಕಡಮೆಯಿದ್ದರೂ, ಇದನ್ನು σ ಒಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, $\lambda = 300\ \sigma$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಡಮೆ ಮಾಡಿದಷ್ಟೂ, λ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, ಇದರ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, σ ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗುವುದು.

ಈಗ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ವಹನ ಸಮಸ್ಯೆಗಳನ್ನು (Transport Problems) ಬಗೆಹರಿಸಬಹುದು.

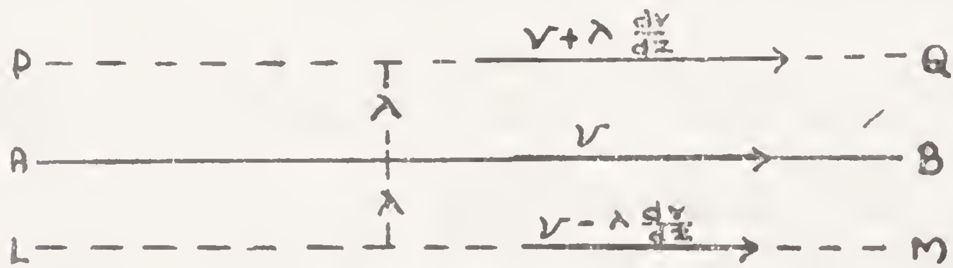
ಅನಿಲಗಳ ಸ್ನಿಗ್ಧತೆ (Viscosity of gases)

ಒಂದು ದ್ರವ ಅಥವಾ ಅನಿಲದ (Fluid) ಎರಡು ಸಮೀಪವರ್ತಿಯಾಗಿರುವ ಪಡೆಗಳು (Contiguous layers) ಸಾಪೇಕ್ಷಕ ಚಲನೆ (Relative motion) ಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ್ದರೆ ಅವುಗಳ ನಡುವೆ ಘರ್ಷಣ ಬಲಗಳು (viscous forces) ಏರ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಈ ಬಲಗಳ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಪಡೆಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಚಲನೆಗೆ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರತಿಬಂಧಕ ಬಲಗಳ ವಿರುದ್ಧವಾಗಿ, ವಹನಮಾರ್ಗ (direciton of flow) ಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೂರದಲ್ಲಿ $\frac{dv}{dz}$ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವೇಗೋತ್ಕರ್ಷದ ದರ (Velocity gradient) ವನ್ನು ಸ್ಥಾಪಿಸಬೇಕಾದರೆ ಒಂದು ಸ್ಪರ್ಶ ಬಲವನ್ನು (Tangential force) ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. 1 sq. cm. ಕ್ಷೇತ್ರ ಫಲದಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಬಲವು F ಆಗಿದ್ದರೆ,

$$F = \eta . \frac{dv}{dz}.$$

ಇಲ್ಲಿ η ಎಂಬುದು ದ್ರವಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ.... ಸ್ನಿಗ್ಧತೆಯ ಸೂಚಕಾಂಕ ....(Coefficient of Viscosity.)....

ಇದರ ಅರ್ಥವನ್ನು ನಾವು ಅನಿಲದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಚಲನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ 47

Viscosity Of Gases

A B ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳು ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುತ್ತಿರುವ ವೇಗವು $\underline{v}$ ಇರಲ್ಲಿ. ಈ ವೇಗದ ಮಾರ್ಗಕ್ಕೆ ಲಂಬದ ನೇರದಲ್ಲಿ p Q ಮತ್ತು R S ಎಂಬ ಎರಡು ಸಮಕಲಗಳು A B ಯ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಅದರಿಂದ λ ದೂರದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆಂದು ಭಾವಿಸೋಣ. A B ಸಮಕಲದ ಕೆಳಗಡೆ ಇರುವ ಅಣುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತಿರುವ ವೇಗವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, $\overline{RS}$ ಸಮತಲದ ಅಣುಗಳು ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುವವೇಗವು

$v-\lambda.\ \frac{dv}{dz}$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಹಾಗೆಯೇ A B ಯಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹೋಗುತ್ತ ಅಣುಗಳ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗಿ, P Q ಸಮಕಲದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳು ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುವ ವೇಗವು $v + \lambda.\ \frac{dv}{dz}$ ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ $\underline{v}$ ಎಂಬ ವೇಗವು ಅಣುಗಳ ಸ್ವಾಭಾವಿಕ ಸರಾಸರಿ ವೇಗ $\bar{c}$ ದ ಮೇಲೆ ಹೊರಿಸಿರುವುದು ಎಂದು ಎಣಿಸಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಒಂದೊಂದು ಸಾಲು ಅಥವಾ ಪಡೆಯಲ್ಲಿಯೂ ಚಲಿಸತಕ್ಕ ಅಣುಗಳ ವಹನವೇಗ (Velocity of drift) ದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳ (momenta) ವಿನಿಮಯಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವದಲ್ಲಿರುವ ಆಂತರ್ಯ ಪ್ರತಿಬಂಧಕಶಕ್ತಿ (Viscous drag) ಇಂದ, A B ಮೇಲುಗಡೆ ಇರುವ ಅಣುಗಳ ವಹನ ವೇಗವು ಕಡಮೆಯಾಗಲೂ, ಅದರ ಕೆಳಗಿನ ಅಣುಗಳ ವೇಗವು ಹೆಚ್ಚಾಗಲೂ ಅವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ 1 Sq cm ಪ್ರದೇಶದ ಮೂಲಕ ಎಷ್ಟು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದ ವಿನಿಮಯವಾಗುತ್ತದೆಯೋ ಅದನ್ನೇ ನಾವು ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ಬಲವೆನ್ನಬಹುದು.

ಈಗ I c. c ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ 'n' ಅಣುಗಳಿದ್ದು ಅವುಗಳ ಸರಾಸರಿ ವೇಗ (ಉಷ್ಣಾಂಶಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ) $\bar{C}$ ಇರಲಿ. $\bar{C}$ ವೇಗದ ನೇರವು ಹೇಗಾದರೂ ಇರಬಹುದಾದುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಮೂರು ಲಂಬ ಅಕ್ಷಗಳಿಲ್ಲಿಯೂ (x, y, z a×es) ವಿಭಜಿಸಿದರೆ, ಅವುಗಳ ಅಂಗಗಳು ಸಮಾನ ಪ್ರಮಾಣದವುಗಳಾಗಿವೆಯೆನ್ನಬಹುದು. ಇದನ್ನೇ ಮತ್ತೊಂದು

ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳವುದಾದರೆ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಅಕ್ಷದ ನೇರವನ್ನೂ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರಲ್ಲಿ ಅರ್ಧಭಾಗ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಅರ್ಧಭಾಗ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತವೆಯೆನ್ನಬಹುದು ಆದುದರಿಂದ, ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ನೇರದಲ್ಲಿ($\pm x$, $\pm$ y, $\pm$ z) ಓಡಾಡುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ $\frac{n}{6}$ ಎಂದು ಹೇಳಬಹುದು. ಈಗ P Q ಇಂದ ಕೆಳಕ್ಕೂ R S ಇಂದ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಅಣುಗಳು A B ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ (ಇವುಗಳ ಅಂತರ λ ಇರುವುದರಿಂದ) ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಘರ್ಷಣೆ ಹೊಂದುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಘರ್ಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಅವುಗಳ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳ ವಿನಿಮಯವಾಗುತ್ತದೆ. A B ಯ 1 Sq cm ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಅಣುಗಳನ್ನು ಮಾತ್ರ ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. 1 ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಮೇಲಿನಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೂ ಕೆಳಗಿನಿಂದ ಮೇಲಕ್ಕೂ ಹಾಯುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು, $\frac{1}{6}$ n $\bar{C}$ ಇರುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಉಂಟಾಗುವ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣಗಳ (momenta) ಒಟ್ಟು ವ್ಯತ್ಯಾಸವು

$$\frac{1}{6} n \bar{C} m \left\{ \left[v + \lambda \cdot \frac{dv}{dz} \right] - \left(v - \lambda \frac{dv}{dz} \right) \right.$$

$$= \frac{1}{6} \bar{C} m. 2 \lambda \cdot \frac{dv}{dz.}$$

$$= \frac{1}{3} n \bar{c} m. 2 \lambda \frac{dv}{dz}$$

ಇದನ್ನು ನಾವು F ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$F = \eta . \frac{dv}{dz} = \frac{1}{3} n m \bar{C} \lambda \cdot \frac{dv}{dz}$$

$$\eta = \frac{1}{3} n m \bar{C} \lambda$$

$$\therefore \eta = \frac{1}{3} \rho \bar{C} \lambda \left[\begin{array}{l} \rho = \text{ಸಾಂದ್ರತೆ} \\ = n m \end{array} \right]$$

ಇದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಸಮೀಕರಣ.— ಇದರಿಂದ ಊಹಿಸುವ ಪರಿಣಾಮಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಸಮರ್ಥನೆ ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ $\lambda \propto \frac{1}{\rho}$

ಇದನ್ನು ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶವಲ್ಲಿ η ಸಂಖ್ಯೆಗೂ ಸಾಂದ್ರತೆಗೂ ಯಾವ ಸಂಬಂಧವೂ ಇಲ್ಲ ವೆಂದಾಗುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿಲ್ಲದೆ, ಕೇವಲ ಒತ್ತಡ ವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲದ η ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗಲು ಕಾರಣವಿಲ್ಲ. ಮೇಯರ್ ಮತ್ತು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Mayer and Maxwell) ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಒತ್ತಡವನ್ನು 10 mm ರಿಂದ 760 mm ವರೆಗೆ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಮಾಡಿದಾಗ, ಮೇಲಿನ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರಕಿದೆ. ಆದರೆ, ಒತ್ತಡವು 760 m m ಗೆ ಮೇಲೆಯಾಗಿಯಾಗಲಿ, 10 m m ಕೆಳಗಾಗಲಿ, ಇದ್ದರೆ, ನಿಯಮವು ಸರಿಹೋಗುವುದಿಲ್ಲ. ಇದಕ್ಕೆ ಕಾರಣಗಳನ್ನು ನಾವು ಊಹಿಸಬಹುದು.

$\bar{c} \propto \sqrt{T}$ ಎಂದು ನಾವು ಹಿಂದೆಯೇ ಸಾಧಿಸಿರುವುದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದರೆ η ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುವುದಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ತಿಳಿಸುತ್ತವೆ. ಇದೂ ಒಂದು ಸಮರ್ಥನೆಯೇ ಸರಿ.

$\bar{c} \propto \frac{1}{\sqrt{m}}$ ಆಗಿರುವುದರಿಂದ,

ವಿವಿಧ ಅನಿಲಗಳ η ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಕೂಡ ಅದೇ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಬೇಕು. ಇದೂ ಕೂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿದೆ.

$$\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{c} \lambda.$$

$$\therefore \lambda = \frac{3\eta}{\rho \bar{c}}.$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ನಾವು ಗೊತ್ತಾದ η ಮತ್ತು $\bar{c}$ ಪ್ರಮಾಣ

ಗಳಿಂದ λ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಮತ್ತೆ $\lambda = \frac{1}{\sqrt{2}\,\pi\, n\, \sigma^2}$ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ σ ಅಥವಾ ಅಣುವಿನ ವ್ಯಾಸವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣವಾಹಕತ್ವ (Thermal conductivity of agas)

ಇದನ್ನೂ ಕೂಡ ನಾವು ಹಿಂದೆ ಅನುಸರಿಸಿದ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೇ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಆದರೆ ಇಲ್ಲಿ ವಹನವಾಗುವುದು ಚಲನ ಪರಿಮಾಣ (momentum) ವಲ್ಲ; ಉಷ್ಣಶಕ್ತಿ (Thermal energy)

ρ Q
λ
A B θ
λ
R S

ಹಿಂದಿನ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆಯೇ, A B ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಇರುವ P Q ಸಮತಲವು λ ದೂರದಲ್ಲಿದ್ದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ದರ (Temperature gradient) $\frac{d\theta}{dz}$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

P Q ಸಮತಲದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶವು $\theta + \lambda \cdot \frac{d\theta}{dz}$

ಹೀಗೆಯೇ, A B ತಳಗಡೆ λ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ R S ಸಮತಲದ ಅಣುಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶ $\theta - \lambda \cdot \frac{d\theta}{dz}$. ಇರುತ್ತದೆ.

ಈಗ 1 ಸೆಕೆಂಡ್ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ PQ ಇಂದ A B ಕಡೆಗೂ, R S ಇಂದಮೇಲಕ್ಕೂ A B ಕಡೆಗೂ ವಹಿಸಲ್ಪಡುವ ಅಣುಗಳ ಸಮೂಹಗಳು ಘರ್ಷಣೆಹೊಂದುವಾಗ, A B ಸಮತಲದ 1 sqcm ಕ್ಷೇತ್ರಫಲದ ಮೂಲಕ ಓಡಾಡುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯ $\frac{1}{6} n \bar{c}$. ಇವುಗಳ ಜಡಮಾನವು $\frac{1}{6} n m \bar{c}$. ಇವುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದಾಗುವ ಒಟ್ಟು ಶಕ್ತಿ ವಿನಿಮಯ (Transfer of energy) Q ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$Q = \frac{1}{6} n m \bar{c}\, C \left[\left(\theta + \lambda \cdot \frac{d\theta}{dz}\right) \left(\theta - \lambda \cdot \frac{d\theta}{dz}\right) \right]$$

$$= \frac{1}{6} n m \bar{c}. C_v 2 \lambda \cdot \frac{d\theta}{dz} \quad (C_v = \text{ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ})$$

$$= \frac{1}{3} n m \bar{c} \lambda \cdot C_v \frac{d\theta}{dz}$$

ಇಲ್ಲಿ $n m = \rho$ = ಸಾಂದ್ರತೆ.

ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿಶದವಾಗಿ ತಿಳಿಸುವಂತೆ 'K' ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣವಾಹಕತ್ವವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆಯಾದರೆ

$$Q = K. \frac{d\theta}{dz.}$$ (ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ 1 sq cm ಮೂಲಕ ವಿನಿಮಯವಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರಮಾಣ)

ಈ ಎರಡು ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ,

$$K = \frac{1}{3} \rho \bar{c} \lambda \cdot C_v.$$

ಆದರೆ, $\eta = \frac{1}{3} \rho \bar{c} \lambda.$

$$\therefore \quad K = \eta . C_v$$

ಇಲ್ಲಿ ಮಾಡಿರುವ ಸರಳಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಬಿಟ್ಟು ನಿಜಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಮೀಪಿಸುವ ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ ನಮಗೆ ಬರುವ ಸಮೀಕರಣವು

$$K = B. \eta. C_v$$

ಇಲ್ಲಿ B ಎಂಬುದು ಅಣುವಿನ ಪರಮಾಣು ರಚನಾಸ್ಥಿತಿ (atomicity ಯನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಚಾಪ್‌ಮನ್ (Chapman) ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಇದರ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾನೆ.

ಏಕಪರಮಾಣು ಅನಿಲಕ್ಕೆ	B= 2.5
ದ್ವಿ .... ,, ...	B= 1.9
ತ್ರಿ .... ,, ...	B= 1.75

ಇದೇ ಮಾರ್ಗವನ್ನೇ ಅನುಸರಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ಅನಿಲದ ಅಂತಃಪೂರಣ (diffusion of gases) ಕ್ಕೂ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

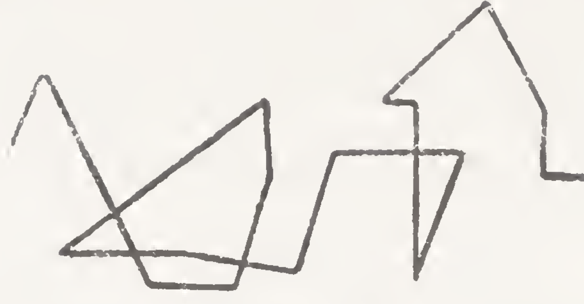
ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಅವುಗಳ ಅಣುಗಳ ಲಕ್ಷಣಗಳನ್ನು ಕೆಳಗಿನ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ಅನಿಲ.	ಜಡತ್ವ	ವೇಗ	Viscosity η (........)	ಉಷ್ಣವಾಹಕತ್ವ. K	λ.	σ.
H_2(ಜಲಜನಕ	$3.1 \times \overline{10}^{24}$ ಗ್ರಾಂ	1939 ಮೀ/ಸೆ.	86×10^{-6}	318×10^{-6}cm	18.3×10^{-6}cm.24	7×10^{-8} cm
N_2 (ಸಾರಜನಕ)	43.1 ,,	493 ,,	166 ,,	52 ,,	9.44 ,,	3.5 ,,
O_2 (ಆಮ್ಲಜನಕ)	49.2 ,,	461 ,,	187 ,,	56 ,,	9.95 ,,	3.39 ,,
He(ಹೀಲಿಯು)	6.1 ,,	1311 ,,	189 ,,	339 ,,	28.5 ,,	2.18 ,,

ಚಲನಸಿದ್ಧಾಂತ ಮತ್ತು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರ

ಇದುವರೆಗೂ ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಕೆಲವು ಮೂಲ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿ ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಆಧಾರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಅನಿಲದ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಾಣಿಕೆ ಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದಂತಾಯಿತು. ಇಷ್ಟೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಅನಿಲಗಳ ಉಷ್ಣವಾಹಕತ್ವ, ಸ್ನಿಗ್ಧತ್ವ (Viscosity) ಮೊದಲಾದ ಗುಣಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಸಮಿಾ ಕರಣಗಳನ್ನೂ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಆದರೂ ಕೂಡ, ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಏನಾದರೂ ವಾಸ್ತವಿಕತೆ ಇದೆಯೇ ಎಂಬುದಕ್ಕೆ ನೇರವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರವಿದೆಯೇ ಎಂಬ ಶಂಕೆ ಉಂಟಾಗಬಹುದು. ಕ್ರಿ. ಶ. 1908ರಲ್ಲಿ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನದ ವಿಷಯವಾಗಿ (Brownian movement) ಪೆರ್ರಿನ್ (Perrin) ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೆ ನೇರ ವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟ ಆಧಾರವು ದೊರಕಿವೆಯೆಂದು ಹೇಳ ಬಹುದಾಗಿದೆ.

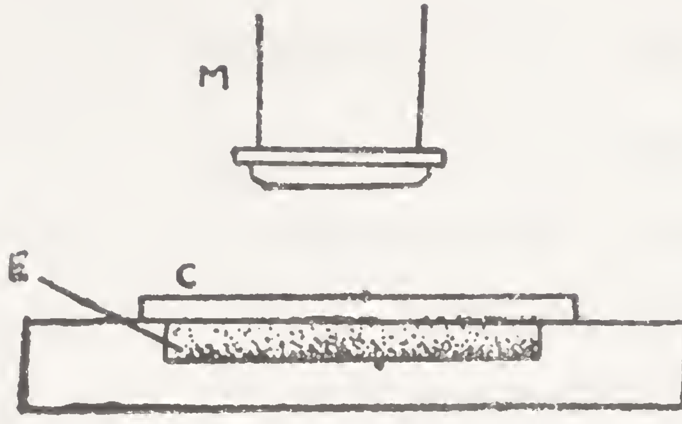
ಕ್ರಿ. ಶ. 1827 ರಲ್ಲಿಯೇ ಇಂಗ್ಲಿಷ್ ಸಸ್ಯಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನಾದ ಬ್ರೌನ್ (Brown) ಎಂಬುವನು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ನಿರ್ಜೀವ ವಸ್ತು (Spores) ಗಳ ದ್ರವೀಯ ತೇಲಿಕೆ (aqueous suspensions) ಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಶಕ್ತಿ ಯುತ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದಿಂದ (Microscope) ಪರೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗ ಬಹಳ ಅದ್ಭುತವಾದ ದೃಶ್ಯವನ್ನು ಕಂಡನು. ಆ ಕಣಗಳು ವಕ್ರರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಓಡಾಡುತ್ತ ನರ್ತನ ಮಾಡುವಂತೆ ಕಂಡನು. ಇದೇ ತೆರನಾದ ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನ ಚಲನವನ್ನು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳು ಒಂದು ಕಲಾಯಿಡ್ (Colloidal-solution) ದ್ರಾವಣದಲ್ಲಿ ತೇಲಾಡುತ್ತಿರುವಾಗ ಅವುಗಳನ್ನು ಒಂದು ಅಲ್ಟ್ರಮೈಕ್ರೊಸ್ಕೋಪ್ (ultramicroscope) ನಿಂದ ವೀಕ್ಷಿಸಿದಾಗಲೂ ಕಾಣಬಹುದು. ಇದನ್ನು ನೋಡಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುವಂತೆ ಬಹಳ ಪ್ರಕಾಶಮಾನವಾದ ಬೆಳಕನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು. ಸಣ್ಣ ಸಣ್ಣ ಕಣ ಗಳು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವ ಸಣ್ಣ ನಕ್ಷತ್ರಗಳಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಆ ವಕ್ರರೀತಿಯ ಚಲನದಲ್ಲಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏಳುವುದು, ಮುಳುಗುವುದು, ಮೊದ



ಚಿತ್ರ 49

ಕಣಗಳ ವಕ್ರ ರೀತಿಯ ಚಲನೆ

ಲಾದ ವಿವಿಧ ನರ್ತನಗಳನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಇದನ್ನೇ 'ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನೆ'ಯೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ. ತೇಲಾಡುತ್ತಿರುವ ಸಣ್ಣ ಕಣಗಳು ದ್ರವದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳ ಹೊಡೆತಕ್ಕೆ ಸಿಕ್ಕುವುದರಿಂದ ಆ ರೀತಿ ಚಲಿಸುತ್ತವೆ. ಕಣಗಳ ಗಾತ್ರ ಕಡಮೆಯಾದಷ್ಟೂ ಅವುಗಳು ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿ ಒಂದು ಫಲಿತ ಬಲದಿಂದ (Resultant force) ವಕ್ರ ವಕ್ರವಾಗಿ ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಅಂದಮೇಲೆ ಈ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ದ್ರವದ ಅಣುಗಳ ಚಲನಕ್ಕೆ ಸಾಕ್ಷ್ಯ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು. ಪೆರ್ರಿನ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಕ್ರಿ. ಶ. 1908 ರಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಒಂದು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಬ್ರೌನಿಯನ್ ಚಲನಕ್ಕೂ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತಕ್ಕೂ ನೇರವಾದ ಆಧಾರವು ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು. ಒಂದೇ ಗಾತ್ರದ ಗ್ಯಾಂಬೋಜ್ ಕಣಗಳ ಒಂದು ಕಲಾಯಿಡಲ್ ಇಮುಲ್ಷನ್ (Colloidal emulsion of gamboge particles) ದ್ರವದ ಸುಮಾರು $\frac{1}{10}$ m m ಅಷ್ಟು ತೆಳುವಾದ ಪದರವನ್ನು ಒಂದು ಮೈಕ್ರೊಸ್ಕೋಪಿಕ್ ಸ್ಲೈಡ್ (microscopic slide) ಮೇಲೆ ಇಟ್ಟು ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಕವರ್ ಗ್ಲಾಸ್ (Cover glass) ಇಟ್ಟು ಇದನ್ನು ಅತಿಶಕ್ತಿಯುತವಾದ ಸೂಕ್ಷ್ಮದರ್ಶಕ ಯಂತ್ರದ ಮೂಲಕ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡಿ, ಹಲವಾರು ಸಮಿಾಕ್ಷಗಳಿಂದ ವಿವಿಧ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿರುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಕಣಗಳ ಛಾಯಾ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ತೆಗೆದನು (Photographs). ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪೆರ್ರಿನ್ ಆವಗಾಡ್ರೋ ಸಂಖ್ಯೆ ('N')ಯ ಬೆಲೆಯನ್ನು ನಿಷ್ಕೃಷ್ಟವಾಗಿ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.



ಚಿತ್ರ 49

Brownian Movement

ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಮಾತ್ರ ಇಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸಬಹುದು.

$$N = \frac{R\,T\,\rho}{m\,g\,ud\,(\rho-\rho^1)}\cdot \log_\epsilon \frac{n_2}{n_1}$$

ಇದರಲ್ಲಿ n_1 ಮತ್ತು n_2 ಎಂಬುವು 'd' ದೂರದಿಂದ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಎರಡು ಸಮತಲಗಳಲ್ಲಿ (planes) ಎಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕಣಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು.

m = ಕಣದ ತೂಕ. ρ = ಅದರ ವಸ್ತುವಿನ ಸಾಂದ್ರತೆ. ρ^1 = ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆ. μ = ದ್ರವದ ರಶ್ಮಿಭಂಗ ಸೂಚಕ ಸಂಖ್ಯೆ (Refractive index of the liquid).

N = ಆವಗ್ಯಾಡ್ರೋ ಸಂಖ್ಯೆ.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪೆರ್ರಿನ್ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದ ಸಂಖ್ಯೆ $N = 6.8 \times 10^{23}$. ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಮಿಲ್ಲಿಕನ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ $N = 6.06 \times 10^{23}$ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದನು. ಈ ಎರಡು ಬೆಲೆಗಳು ಸುಮಾರು ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ತಳಹದಿ ಸಿಕ್ಕಿದಂತಾಯಿತು.

6. ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಬದಲಾವಣೆ (Change of State)

ವಸ್ತುವಿನ ವಿವಿಧ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆಯೆಂದೂ, ಚಲನೆ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರವಾಗಿ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣದ ಚಲನ ಸ್ವಾತಂತ್ರ್ಯ (freedom) ವನ್ನೂ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಯೆಂದು ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿದಿದ್ದೇವೆ. ಇದನ್ನೇ ಇನ್ನೊಂದು ವಿಧವಾಗಿ ತಿಳಿಸಬಹುದಾದರೆ, ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಸರಾಸರಿ ಅಂತರವು ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

ಘನಸ್ಥಿತಿ 1.5 d to 3.0 d.
ದ್ರವಸ್ಥಿತಿ 2 d to 4 d.
ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿ 30 d ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು—

ಇದರಲ್ಲಿ d = ಅಣುವಿನ ವ್ಯಾಸ (diamater of the molecule).

ಶಾಖವನ್ನು ಗ್ರಹಣಮಾಡಿ, ವಸ್ತುವು ಕರಗುವಾಗಲೂ, ಅಥವಾ ದ್ರವರೂಪದಿಂದ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವಾಗಲೂ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಅಣುಗಳ ಜೋಡಣೆಗಳ ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

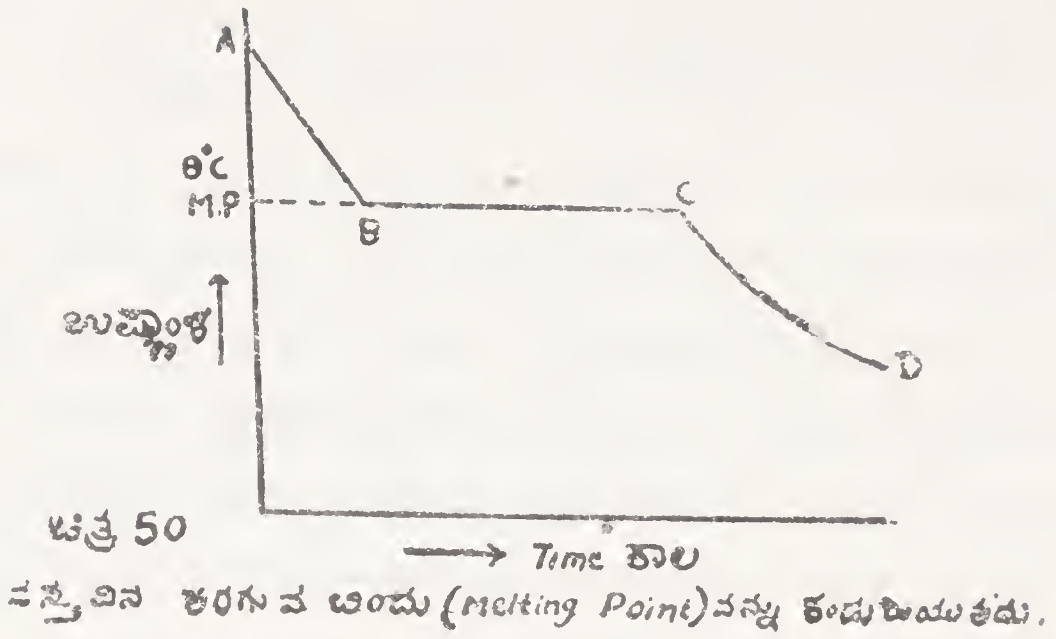
ಕರಗುವಿಕೆ (Fusion)

ಒಂದು ವಸ್ತುವು ಘನರೂಪದಿಂದ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಕರಗುವ ಬಿಂದು (Melting point) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯನ್ನೂ ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ, ವಸ್ತುವಿನ ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವರೂಪಗಳೂ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿ (equilibrium) ಯಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಶಾಖದ ಗ್ರಹಣ ಆವಶ್ಯಕ. ಮತ್ತು ವಸ್ತುವು ಕರಗುವಾಗ ಅದರ ಭೌತಲಕ್ಷಣಗಳಲ್ಲಿ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ. ಗಾತ್ರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ, ಮತ್ತು ಬಿರುಸುತನ (Rigidity) ದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ— ಇವುಗಳು

ಉಂಟಾಗುತ್ತವೆ. ಸ್ಫಟಿಕದಂತಹ ರಚನೆಯುಳ್ಳ (Crystalline) ವಸ್ತುಗಳು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತವೆ. ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಈ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದೆ. ಒಂದು ವಾಯುಮಾನ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ (pressure of one atmosphere) ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು 0°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕರಗುತ್ತದೆ. — ಗಾಜು, ಮೇಣ ಮುಂತಾದ ನಿರಾಕಾರ ವಸ್ತುಗಳು (amorphous solids) ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕರಗದೆ, ಅದಕ್ಕೆ ಒಂದು ಉಚ್ಚ ಮತ್ತು ಅಧೋಸ್ಥಿತಿಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಘನ ಮತ್ತು ದ್ರವ ರೂಪಗಳಿಗೆ ಮಧ್ಯಸ್ಥವಾದ ಒಂದು ಮುದ್ದೆ (Plastic) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ವಿವಿಧ ಲೋಹಗಳ ಬೆರಕೆ ಹೊಂದಿರುವ ಮಿಶ್ರವಸ್ತುಗಳಿಗಾದರೋ (alloys) ಹಲವಾರು ಕರಗುವ ಬಿಂದುಗಳಿರಬಹುದು. ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಒಂದೊಂದು ಲೋಹಕ್ಕೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕವಾದ ಕರಗುವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇರುವುದರಿಂದ ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಾಗಿ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಶಾಖವನ್ನು ಹೊರಗೆಡಹುವಾಗ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಇಳಿಯುವ ರೀತಿಯನ್ನು ಒಂದು ನಕ್ಷೆಯ ಮೂಲಕ (graph) ಸೂಚಿಸಿದರೆ ಇದರಿಂದ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಓದಿ ಹೇಳಬಹುದು. ದ್ರವದಿಂದ ಘನರೂಪಕ್ಕೆ ಪೂರ್ತಿಯಾಗಿ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗದೆ ರೇಖೆಯು (Curve) ಸಮತಟ್ಟಾಗಿರುತ್ತದೆ (Horizontal). ೫೦ನೇ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ವಸ್ತುವಿನ ರಚನೆಯು ಎಂತಹುದು ಎಂಬುದನ್ನು ಈ ರೇಖೆಯ ಸಮೀಕ್ಷೆಯಿಂದಲೇ ತಿಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ವಸ್ತುವು ಕರಗುವಾಗ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಗಾತ್ರದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಆಗುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು. (1) ಮೇಣದ ಗುಂಪು (Wax-type) ಪಾರಫಿನ್ ಮೇಣ ಮುಂತಾದ ವಿಧವಾದ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ ಘನಸ್ಥಿತಿಗಿಂತ ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರ ವಿಕಾಸವಿರುತ್ತದೆ. (2) ನೀರಿನ ಗುಂಪು (Water type) ನೀರು,



ಚಿತ್ರ 50

ವಸ್ತುವಿನ ಕರಗುವ ಬಿಂದು (Melting Point) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುತ್ತದು.

ಕಬ್ಬಿಣ, ಬಿಸ್ಮತ್, ಅಂಟಿಮೊನಿ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುವಾಗ (freezing) ವಿಕಾಸಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡುವಾಗ ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚ (contraction) ವು ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ನೀರು ಘನೀಭೂತವಾಗುವಾಗ, ಅಪಾರವಾದ ಬಲವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿ, ನೀರನ್ನು ಒಯ್ಯುವ ದೊಡ್ಡ ದೊಡ್ಡ ಕೊಳಾಯಿಗಳು ಒಡೆದು ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಮುದ್ರಣಾಲಯದಲ್ಲಿ ಟೈಪ್ ಮೆಟಲ್ (type metal) ಎಂಬ, ಸೀಸ, ಆಂಟಿಮೊನಿ, ಮತ್ತು ತಾಮ್ರಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಮಿಶ್ರಲೋಹದ ಉಪಯೋಗವೂ ಕೂಡ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ತತ್ತ್ವದ ಆಧಾರವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರು ಹೆಪ್ಪು ಗಟ್ಟುವಾಗ ಅದರ ಗಾತ್ರವು 1 c. c. ಇಂದ ಸುಮಾರು 1.091 c.c ಗೆ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ ಗಾತ್ರದ ವಿಕಾಸವು 0.091 c.c ($= \frac{1}{11}$ c.c) ಅಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಕಾರಣದಿಂದಲೇ ಮಂಜುಗಡೆಯು ನೀರಿನ ಮೇಲೆ ತೇಲುತ್ತದೆ

ಹರಳು ರಚನೆ (crystalline) ಯ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು ಇದ್ದರೂ ಕೂಡ, ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಅವುಗಳನ್ನು ಈ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ನೀರನ್ನೇ ನಿದರ್ಶನವನ್ನಾಗಿ ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಶುದ್ಧವಾದ ಇಂಗಿಸಿದ (distilled water) ನೀರನ್ನು ಒಂದು ಶುದ್ಧ ಟೆಸ್ಟ್‌ಟ್ಯೂಬಿನಲ್ಲಿಟ್ಟು (ಸ್ವಲ್ಪವೂ ಧೂಳಿಲ್ಲದೆ) ನಿಧಾನವಾಗಿ

ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, 0° c ಗಿಂತ ಕೆಳಗಡೆ ಹಲವಾರು ಡಿಗ್ರಿಗಳವರೆಗೂ, ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿಯೇ ಇರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಈ ಅತಿತಂಪು (Super-cooled) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅದು ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿದ್ದು ವ್ಯಸ್ಥಿರ (unstable) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಅಲಗುವಿಕೆ ಯಾಗಲಿ, ಸಣ್ಣ ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆಯ ತುಂಡನ್ನು ಹಾಕಿದ್ದರಾಗಲಿ, ಘಟ್ಟನೆ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟಿ ಹೊರಗೆಡಹಿದ ಶಾಖವು ಅದನ್ನು ಮತ್ತೆ 0°c ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿಬಿಡುತ್ತದೆ.

ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸಿದರೆ; ಕರಗುವ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುತ್ತದೆ. ಮೇಣದ ಗುಂಪಿಗೆ (Wax-type) ಸೇರಿದ ವಸ್ತುಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರವಿಕಾಸವಾಗುವುದ ರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವು ಕರಗುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ಏರಿಸುತ್ತದೆ. ನೀರಿನ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ವಸ್ತುಗಳಲ್ಲಿ, ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುವ ಬಿಂದುವು (Freezing point) ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ನೀರನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಯ ನ್ನಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವು 2 ವಾಯುಮಾನಗಳಾದರೆ (two-atmospheres) ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುವ ಬಿಂದುವು – 0°.oo 75 c. ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಶಾಖ ಚಲನಶಾಸ್ತ್ರ (Thermo-dynamics) ದ ತತ್ತ್ವಗಳಿಂದ ಸಾಧಿಸಬಹುದು.

ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಅವಲಂಬಿಸಿದಂತೆ ಫಾರಡೇ (Frarday) ಶಾಸ್ತ್ರ ಜ್ಞನು ಒಂದು ಚಮತ್ಕಾರದ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದನು. ಇದಕ್ಕೆ ರಿಜಿಲೇಷನ್ (Regelation) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಎರಡು ಸಣ್ಣ ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆಯ ತುಂಡುಗಳನ್ನು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಒತ್ತಿ (pressed together) ಬಿಟ್ಟು ಬಿಟ್ಟರೆ ಅವೆರಡೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ತುಂಡಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ವಿವರಣೆ ಹೀಗಿದೆ. ಒತ್ತಿದ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿ, ಅಲ್ಲಿಯ ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆಯು ಕರಗುತ್ತದೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬೇಕಾದ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ ಶಾಖವು ಮಿಕ್ಕ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯಿಂದ ಬರುತ್ತದೆ. ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಿಲ್ಲದಾಗ, ಮತ್ತೆ ನೀರು ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟಿ ಎಲ್ಲವೂ ಒಂದೇ ಮುದ್ದೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೊಂದು ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗದ ಮೂಲಕ ಇದನ್ನು

ಚೆನ್ನಾಗಿ ತೋರಿಸಬಹುದು. 0° C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ತುಂಡನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಮೇಲೆ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯನ್ನು ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹಾಯಿಸಿ ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳನ್ನು ಇಳಿಬಿಟ್ಟು ಅವುಗಳ ತುದಿಗಳಲ್ಲಿ ಭಾರವಾದ ತೂಕದ ಬೊಟ್ಟನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ತಂತಿಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಕರಗುವುದರಿಂದ ತಂತಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ತತ್‌ಕ್ಷಣವೇ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಪದರದಲ್ಲಿ (layer) ಒತ್ತಡ ಕಡಮೆಯಾಗಿ ಮತ್ತೆ ನೀರು ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪವಾಗಿ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯು ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯ ಮೂಲಕ ಕಡಿಯುತ್ತ ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ ಮೇಲ್ಭಾಗವೆಲ್ಲ ಮತ್ತೆ ಘನೀಭೂತವಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದನಂತರ ತಾಮ್ರದ ತಂತಿಯು ಗಡ್ಡೆಯ ಮೂಲಕ ಪೂರ್ತಿ ಕಡಿದುಕೊಂಡು ಬಂದು ಹೊರಗೆ, ತೂಕದ ಬೊಟ್ಟುಗಳ ಸಹಿತ ಬಿದ್ದುಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಮಾತ್ರ ಮೊದಲಿನಂತೆಯೇ ಅಖಂಡವಾಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ! ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ತಾಮ್ರದ ಉಷ್ಣವಹನ (Conduction) ಶಕ್ತಿಯೂ ಕೂಡ ಪ್ರಮುಖ ಪಾತ್ರವನ್ನು ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಅದಕ್ಕೆ ಬದಲಾಗಿ ಒಂದು ದಾರವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ ಮೇಲಿನ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಫಲವಾಗುವುದಿಲ್ಲ.

ನೀರಿನಲ್ಲಿ ವಿವಿಧ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕರಗಿಸಿ, ಆ ದ್ರಾವಣಗಳ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಲ್ಲಿ; ಅವುಗಳು, ಶುದ್ಧ ನೀರಿನ ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟುವ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ (0° C) ಕಡಮೆಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ದ್ರಾವಣದ ಕಾನ್ಸೆಂಟ್ರೇಷನ್ (Concentration) ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ಬಿಂದುವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ, ಇದರ ನಿಯಮವನ್ನು ಬ್ಲಾಗ್‌ಡೆನ್ (Blagden) ಮತ್ತು ರಾವು (Raoult) ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ.

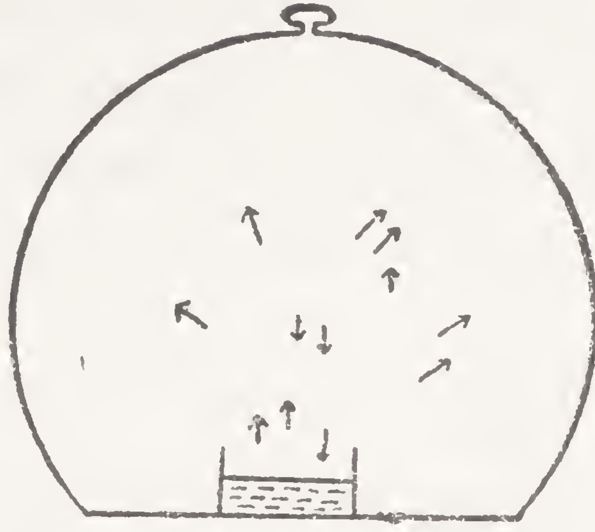
ಈಗ ಉಪ್ಪಿನ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಉದಾಹರಣೆಗಾಗಿ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಒಂದು ಅಬಲ (weak) ದ್ರಾವಣವನ್ನು 0° C ನಿಂದ ಕೆಳಗೆ ತಂಪಿಸುತ್ತ (cooled) ಹೋದರೆ, ಮೊದಲು, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯು ಬೇರೆ

ಯಾಗಿ, ಮಿಕ್ಕ ದ್ರಾವಣದ ಶಕ್ತಿಯು (Concentration) ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ —21° c ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೆ ಸಾಗಿ, ಇಡೀ ದ್ರಾವಣವು ಘನೀಭೂತವಾಗುತ್ತದೆ. (en-bloc) ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ದ್ರಾವಣ ದಲ್ಲಿ ಶೇಕಡ 23.6 (23.6%) ಭಾಗವು ಉಪ್ಪಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಗ ನಾವು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು 23.6% ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಪ್ಪು ತೂಕವಿರುವ ದ್ರಾವಣ ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೂ, ಸ್ವಲ್ಪ ಸ್ವಲ್ಪ ಉಪ್ಪು ಬೇರೆಯಾಗಿ, ಕೊನೆಗೆ ಸಮಗೆ ಬರುವುದು—21° c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಇಡೀ ದ್ರಾವಣವು ಹೆಪ್ಪು ಗಟ್ಟುವುದು. ಆದುದರಿಂದ, —21° c ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಯುಟೆಕ್ಟಿಕ್ ಪಾಯಿಂಟ್ (Eutectic Point) ಎಂದೂ, ಆ ಮಿಶ್ರಣವನ್ನು **ಯುಟೆ ಕ್ಟಿಕ್ ಮಿಕ್ಸ್ಚರ್** (Eutectic mixture) ಎಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಯಾವುದಾದರೂ ಎರಡು ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ತಂಪು ಉಂಟಾಗಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದರೆ, ಅದನ್ನು ತಾಂಪಿಸುವ ಮಿಶ್ರಣ (Freezing mixture) ವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಯನ್ನೂ ಉಪ್ಪನ್ನೂ ಮಿಶ್ರಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ ಉಂಟಾ ಗುವ ದ್ರಾವಣದಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು—21° c ವರೆವಿಗೆ ಇಳಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಬೇಕಾದರೆ, 3 ಭಾಗಗಳ ಮಂಜು ತುಂಡುಗಳನ್ನು 1 ಭಾಗದ ಉಪ್ಪಿಗೆ ಮಿಶ್ರ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆಯೇ 4 ಭಾಗಗಳ ತೂಕವುಳ್ಳ ($Ca\ Cl_2$) ಕ್ಯಾಲ್ಸಿಯಂ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ವಸ್ತುವನ್ನು 3 ಭಾಗಗಳ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಗೆ ಮಿಶ್ರಮಾಡಿದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು —55° c ವರೆವಿಗೆ ಇಳಿಸಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿವಿಧತೂಕ ಪ್ರಮಾಣಗಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಲೋಹಗಳನ್ನು ಮಿಶ್ರಣಮಾಡಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವನ್ನು ಇಳಿಸಬಹುದು.

ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ (Evaporation)

ಒಂದು ವಸ್ತುವು ದ್ರವದ ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಬಾಷ್ಪರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುವುದಕ್ಕೆ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವೆಂದು ಹೆಸರು. ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವ ವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಅದರ ಮೇಲ್ಮೈ (Free surface)ಯು ಮೂಲಕ

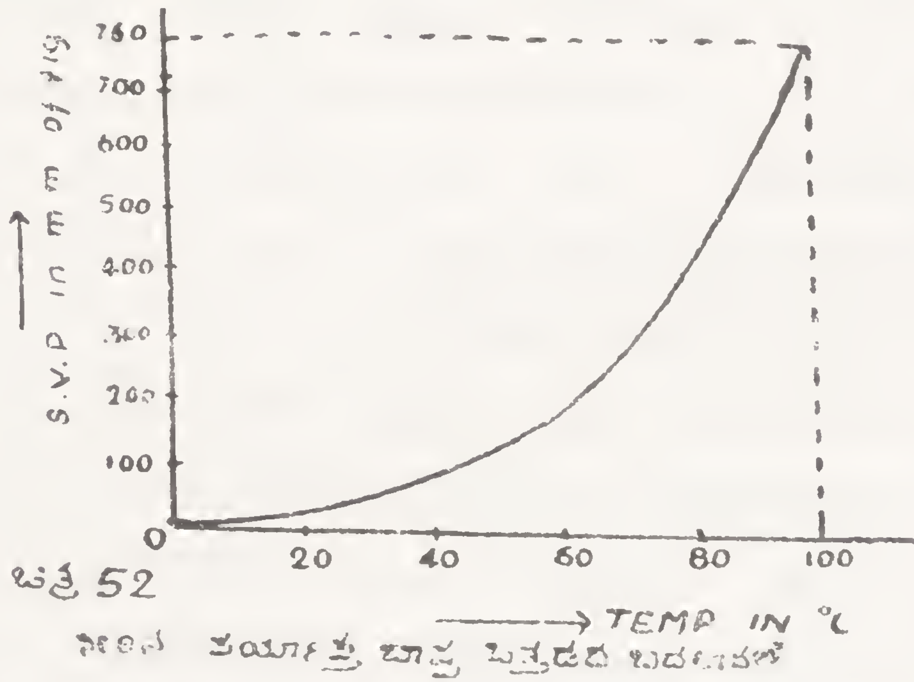
ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣವು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಅಣುಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ದಾಟಿ ಹೊರಗೆ ಸ್ವತಂತ್ರ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುವಾಗ ಅವುಗಳನ್ನು ನಾವು ಬಾಷ್ಪದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಗಣಿಸುತ್ತೇವೆ. ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚು ಸಂಖ್ಯೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಅಣುಗಳು ಹೊರಗಡೆ ಬಾಷ್ಪ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಮತ್ತು ಈ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳು ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಒತ್ತಡವನ್ನು (pressure) ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವೆಂದು ಹೆಸರು. ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಈ ಒತ್ತಡವೂ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ನಾವು ದ್ರವವಿರುವ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಒಂದು ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಿ ಇಟ್ಟರೆ (limited space) ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಒಂದು ವಿಶೇಷ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಹಿಂದೆ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದ ಪ್ರಕಾರ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ದಾಟಿದ ಬಾಷ್ಪ ಅಣುಗಳು ನಿರ್ಬಂಧಿತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ, ಮಿಕ್ಕ ಅಣುಗಳೊಂದಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಘರ್ಷಣೆಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿ ಮತ್ತೆ ದ್ರವದೊಳಕ್ಕೆ ತಿರುಗಿಬರುವ ಆವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಿ, ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆ ದಾಟಿ ಹೋಗುವ ಅಣುಗಳೂ, ಒಳಗೆ ತಿರುಗಿ ಬರುವ ಅಣುಗಳೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರುವಾಗ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರುತ್ತ ಹೋದಲ್ಲಿ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಅಣುಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಮಿತಿಯ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದಕ್ಕೆ (Saturation Vapour Pressure-S. V. P.) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಯಾವ ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, ಬಾಷ್ಪ ಅಣುಗಳು ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಒಂದು ಪರ್ಯಾಪ್ತಮಿತಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೊಂದಿರಲಾರವು. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಈ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಮಿತಿಯೂ ಏರುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ — ಈ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, ಒಂದು ನಿಯಮಿತ ಕಾಲದಲ್ಲಿ, ದ್ರವವನ್ನು ದಾಟಿ ಹೋಗುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯು ಬಾಷ್ಪರೂಪದಿಂದ ಮತ್ತೆ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಹಿಂತಿರುಗುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಯೂ



ಚಿತ್ರ 51
ಆವೃತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ

ಒಂದೇ ಆಗಿ, ಒಂದು ಚಲನ ಸಮಸ್ಥಿತಿ (Dynamic equilibrium) ಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

ನೀರಿನ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ (S. V. P.) ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಧವನ್ನು ಚಿತ್ರ 52 ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 52
ನೀರಿನ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡದ ಬದಲಾವಣೆ

ಹೆಚ್ಚು ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯುಳ್ಳ ದ್ರವದ ಅಣುಗಳು ಮೇಲ್ಮೈಯ ಗಡಿಯನ್ನು ದಾಟಿ ಹೊರಗಿನ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಹೋಗುವುದೇ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣ (Evaporation) ಎನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಮೂಲ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಉಳಿಯುವ ಅಣುಗಳ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಇಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದಮೇಲೆ, ಬಾಷ್ಪೀಕರಣದ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇಳಿಯುತ್ತದೆಯೆಂಬ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಯಿತು. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು ಶೀತೋತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳು (Refrigerators) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಿವೆ. ಇವುಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ಮುಂದೆ ತಿಳಿಸಲಾಗುತ್ತೆ.

ಕುದಿಯುವಿಕೆ (Boiling).

ಇದುವರೆವಿಗೂ ಬಾಷ್ಪೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ತಿಳಿದಂತಾಯಿತು. ಈಗ ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ದ್ರವವನ್ನು ಇಟ್ಟು ಆ ಪಾತ್ರೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚದೆ, ದ್ರವದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಗಡಿದಾಟುವ ಅಣುಗಳ ಸಂಖ್ಯೆ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ ಇದರಿಂದ ಆ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುವ ಬಾಷ್ಪ ಅಣುಗಳ ಒತ್ತಡವೂ ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಆ ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೇಲೆ ಎರಡು ಒತ್ತಡಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಒಂದು ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿರುವ ವಾಯು ಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡ (Pressure of the atmosphere) ಇದು ಪ್ರಯೋಗದ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದರ ಜೊತೆಗೆ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡ (vapour pressure). ಇದರ ಪ್ರಮಾಣ ಕ್ರಮೇಣ ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗಿ ಕೊನೆಗೆ ಈ ಒತ್ತಡವೂ, ವಾಯುವಿನ ಒತ್ತಡವೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದಾಗ ಒಂದು ಹೊಸ ಘಟನೆಯುಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವದ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲೆಲ್ಲ ವಿಶೇಷ ಚಟುವಟಿಕೆಯು ಕಾಣಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ನೀರಿನ ಗುಳ್ಳೆಗಳು (Bubbles) ಉದ್ಭವವಾಗಿ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತವೆ. ಈ ಆಂದೋಳನ ಪ್ರಾರಂಭವಾದಾಗ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಕ್ರಮೇಣ, ದ್ರವವೆಲ್ಲವೂ ನೀರಿನ ಆವಿಯ ರೂಪಕ್ಕೆ (Steam) ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ನಡೆಯುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಾವು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು (Boiling Point) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತೇವೆ. ಈ

ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ 1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು ಆವಿಯನ್ನಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಬಾಷ್ಪಗುಪ್ತೋಷ್ಣ (Latent Heat of Steam) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣ 540 ಕ್ಯಾಲರಿಗಳಷ್ಟು ಇರುತ್ತದೆ.

ಒಂದೊಂದು ದ್ರವಕ್ಕೂ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು ಇರುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವು ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡವೇ ಆಗಿದ್ದರೆ. ಆ ಬಿಂದುವನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು (Normal Boiling Point). ನೀರಿನ ಉದಾಹರಣೆಯನ್ನೇ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವು 76 cm ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟ (1 atmosphere) ವಾಗಿದ್ದರೆ, ನೀರಿನ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು 100°c ಇರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ದ್ರವದ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪಒತ್ತಡವೂ ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವೂ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಆದ್ದರಿಂದಲೇ, 100°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡ = 76 cm of mercury

= 1 atmosphere (external pressure)

(At the Boiling point the saturation vapour pressure of the liquid is equal to the external pressure)

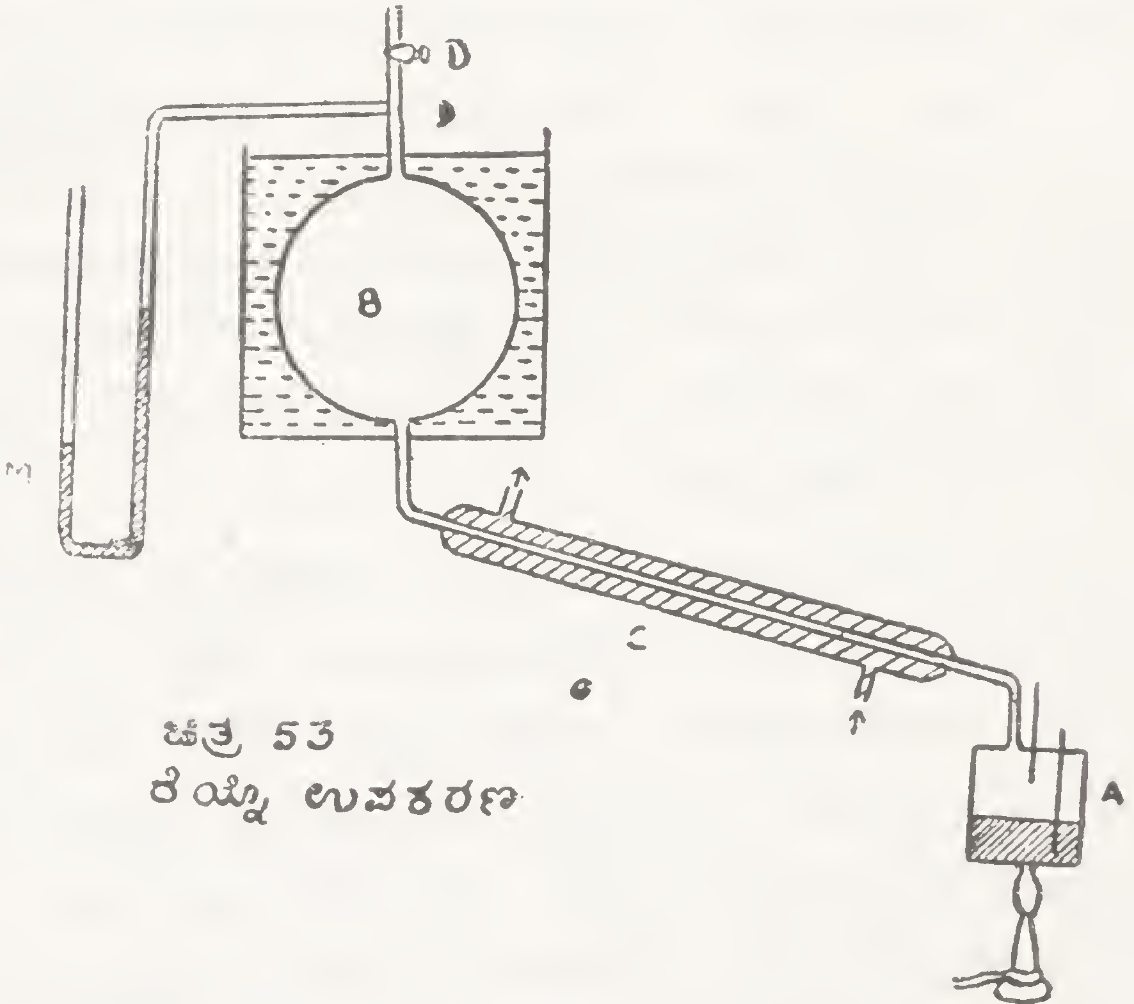
ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿಗೂ. ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ ನಿಕಟ ಸಂಬಂಧವಿರುವುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯ.

ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಮೈಯನ್ನು ಹೊರಗಿನ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸದೆ, ಒಂದು ಪರಿಮಿತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ (Limited space) ಇಟ್ಟು ಆ ಪ್ರದೇಶದ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಯಾವುದಾದರೂ ಸಾಧನದಿಂದ, ಕಡಮೆ ಮಾಡುತ್ತ ಹೋದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ದ್ರವವು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವನ್ನೂ ಕೂಡ 100°c ಗಿಂತ ಕೆಳಗೆ ಇಳಿಸುತ್ತ ಹೋಗಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಹೊರ ಆವರಣದ ಒತ್ತಡವು ಇಳಿಯುತ್ತ ಹೋದರೆ, ನೀರನ್ನು 80°c, 70°c, 60°c, ... ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಕುದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲೇನೂ ಆಶ್ಚರ್ಯವಿಲ್ಲ. 60°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ನೀರು ಕುದಿಯಬೇಕಾದರೆ. ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ

ಅನುಗುಣವಾದ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಒತ್ತಡವು 149.2mm ಇರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲ್ಮೈಯು ಒಳಗಾಗಿರುವ ಹೊರಗಿನ ಒತ್ತಡವೂ ಕೂಡ 149,2 mm ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆಯೇ ಇಳಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒತ್ತಡವು 4.58 mm ಅಷ್ಟು ಕಡಮೆಯಾದರೆ, ನೀರು 0°c ನಲ್ಲಿ ಕೂಡ ಕುದಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಬೇಕು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಬೇಕಾಗುವ ಉಪಕರಣಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ (53)ವು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ರೆಯ್ನೊ (Regnault) ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ನೀರನ್ನು 100°c ನಿಂದ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅದಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಕುದಿಸುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಿದನು.

ನೀರು A ಎಂಬ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿರುತ್ತಿದೆ. C ಎಂಬುದು ಲೀಬಿಗ್ಸ್ ಕಂಡೆನ್ಸರ್ (Liebigs condenser) M ಎಂಬುದು ಒತ್ತಡಮಾಪಕ (Manometer). B ಎಂಬುದು ಒಂದು ದೊಡ್ಡಗೋಳ (globe) ಇದರ



ಚಿತ್ರ 53
ರೆಯ್ನೊ ಉಪಕರಣ

ಸಹಾಯದಿಂದ, ಒತ್ತಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಸರಾಗವಾಗಿ ನಡೆಯುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. D ಎಂಬುದನ್ನು ಒಂದು ಪಂಪಿಗೆ ಸೇರಿಸಬಹುದು,

ಗಾಳಿಯನ್ನು ತೆಗೆಯುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒಳಗಿನ ಒತ್ತಡವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಮರ್ದನ ಪಂಪಾದರೆ, ಒಳಗಿನ ಒತ್ತಡವು 1 ವಾಯುಮಾನಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವನ್ನು 100°c ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಲು ಮಾಡಬಹುದು.

ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿಗೂ, ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ತೋರಿಸುವ ಸಮಿಾಕರಣವು ಈ ರೀತಿಯಿರುತ್ತದೆ.

$$\frac{dp}{dT}=\frac{L\,J}{T(v_2-v_1)}$$

T ಎಂಬುದು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವನ್ನು ನಿರುಪಾಧಿಕ (ಪರಮ) ಮಾನದಲ್ಲಿ ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ (Absolute scale) dp ಎಂಬುದು ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿನ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನೂ dT ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. L ಎಂಬುದು ಬಾಷ್ಪಗುಪ್ತೋಷ್ಣ. v_1 ಮತ್ತು v_2 ಎಂಬುದು 1ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ಬಾಷ್ಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಸಮುದ್ರದ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹೋದಂತೆಲ್ಲ ವಾಯುಭಾರವೂ ಕಡಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದ, ನೀರು ಕುದಿಯುವ ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಾಷ್ಪಬಿಂದು (Boiling Point) ವೂ ಕೂಡ ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ನೀರನ್ನು ಗಾಳಿಶೂನ್ಯವಾಗಿಯೂ, ದೂಳುರಹಿತವಾಗಿಯೂ ಮಾಡಿ, ಇಂಥ ಶುದ್ಧ ನೀರನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಕಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕೆಲವು ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 100°c (ಸಾಮಾನ್ಯ ಬಾಷ್ಪಬಿಂದು) ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಹೋದರೂ ಕೂಡ, ದ್ರವದ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಮಾಡುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಇದನ್ನು ಅತಿ ಕಾಯಿಸುವುದು (Super-heating) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಕೃತಕವಾಗಿ ತಡೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಕುದಿಯುವಿಕೆಯು ಅಧಿಕ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಆರಂಭವಾದಾಗ ವಿಶೇಷ ರಭಸವಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಬಂಪಿಂಗ್ (Bumping) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ರಭಸವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿ, ಶಾಂತವಾಗಿ ಕುದಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಲು, ಸ್ವಲ್ಪ ಮರಳನ್ನೋ ಕೆಲವು ಸಣ್ಣ ಪೋರ್ಸಿಲೈನ್ ತುಂಡುಗಳನ್ನೋ ನೀರಿನೊಳಗೆ ಹಾಕಬಹುದು.

ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ (L) ಕ್ಕೂ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು ($t^{\circ}c$) ವಿಗೂ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಸಮೀಕರಣವು ಈ ರೀತಿ ಇದೆ.

$$L = 606.5 - 0.695t.$$

1 ಗ್ರಾಂ ತೂಕದ ನೀರನ್ನು $0^{\circ}c$ ಉಷ್ಣಾಂಶದಿಂದ $t^{\circ}c$ಗೆ ಏರಿಸಿ, ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖಕ್ಕೆ ಸಮಗ್ರಶಾಖ (Total Heat) ಎಂದು ಹೆಸರು. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು Q ಇದ್ದರೆ,

$$Q = 606.5 + 0.305t.$$

ಈ ಸಮಿಾಕರಣವು ರೆಯ್ನೋ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿದನು.

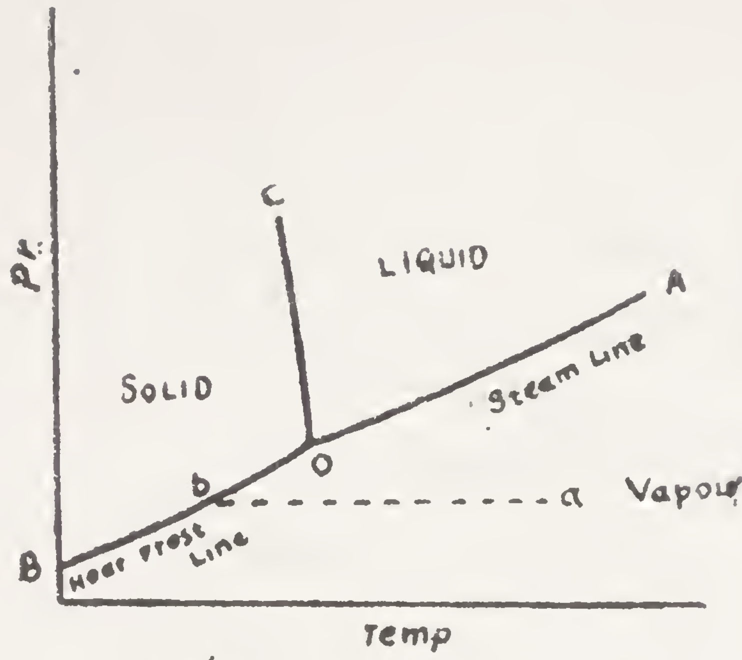
ಶುದ್ಧ ದ್ರವದಲ್ಲಿ ಘನವಸ್ತುವನ್ನು ಕರಗಿಸಿ, ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ, ಈ ದ್ರಾವಣದ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು ಶುದ್ಧ ದ್ರವದ ಸಾಮಾನ್ಯ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ದ್ರಾವಣದ ಸಾಂದ್ರತೆ (Concentration) ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಏರುತ್ತದೆ. ಉಪ್ಪನ್ನು ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಕರಗಿಸಿ, ಪರ್ಯಾಪ್ತ ದ್ರಾವಣವನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ ಅದರ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು $108^{\circ}c$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಂ ಅಣುತೂಕವು (Molecular weight in grams) M ಆಗಿದ್ದು, ಅದರ ಬಾಷ್ಪಗುಪ್ತೋಷ್ಣ L cals/gm ಮತ್ತು ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದು $T^{\circ}A$ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಒಂದು ನಿಯಮವಿದೆ.

$$\frac{ML}{T} = \text{cnostant}$$ ಈ ನಿಯತಾಂಕದ ಬೆಲೆ ಸುಮಾರು 21 ಇರುವುದು. ಇದನ್ನು 'Trouton's Rule' ಎಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾರೆ.

ಮುಮ್ಮಡಿ ಬಿಂದು (Triple Point)

ವಸ್ತುವು ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಬಾಷ್ಪಸ್ಥಿತಿಗೆ ಮಾರ್ಪಡುವಾಗ ಈ ಎರಡು ಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೂ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿಯು (equilibrium) ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಒಂದೊಂದು ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ



ಚಿತ್ರ 54

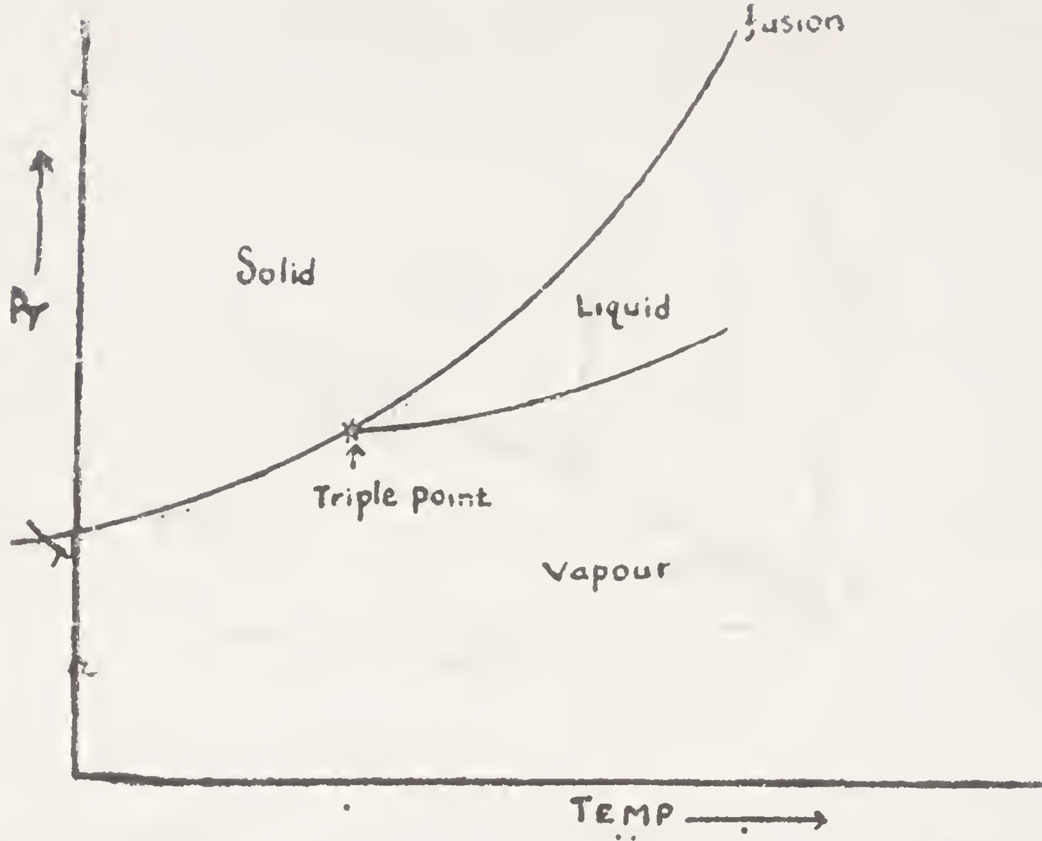
Triple point



ಒತ್ತಡವಿರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯು ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ದ್ರವ-ಬಾಷ್ಪ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸುವಂತೆ ನಾವು ಒತ್ತಡ-ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆದು ತೋರಿಸಬಹುದು. ಹೀಗೆಯೇ, ಘನ-ದ್ರವ ಮತ್ತು ಘನ-ಬಾಷ್ಪ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ನಿರ್ದೇಶಿಸಲು ಅವುಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾದ ರೇಖೆಗಳನ್ನು ಎಳೆಯಬಹುದು. ಒಂದೇ ನಕ್ಷೆಯಲ್ಲಿ ಈ ಮೂರು ರೇಖೆಗಳನ್ನೂ ಎಳೆದರೆ, ಇವುಗಳು ಒಂದೇ ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ ಎಂಬುದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಈ ಬಿಂದುವನ್ನು ಮುಮ್ಮಡಿ ಬಿಂದು (Triple Point) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಬಿಂದುವಿನ ಮುಖ್ಯ ಲಕ್ಷಣವೇನೆಂದರೆ, ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳಾದ ಘನ, ದ್ರವ, ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳೂ ಕೂಡ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಒಟ್ಟಿಗೆ ಇರುವ (Coexist) ಸಂಭವಿದೆ. (The conditions of Pressure and temperature at the Triple Point are such that the solid, liquid, and vapour phases may co-exist in equilibrium.)

ನೀರಿನ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿ ಬಂದಿರುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಚಿತ್ರ 55. O ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

O ಎಂಬುದು ಮುಮ್ಮಡಿ ಬಿಂದು.



Trible Point for Water ಚಿತ್ರ 55

OC—ಮಂಜುಗಡ್ಡೆರೇಖೆ (Ice line)

OB—ಹಿಮರೇಖೆ (Hoar-Frost line)

OA—ಆವಿರೇಖೆ (Steam Line)

AOB ಗುರ್ತಿರುವ ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ಬಾಷ್ಪಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, AOC ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಕೇವಲ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, BOC ಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಬರೀ ಘನ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ ಇರುವ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಚಿತ್ರದಿಂದ ಉಲ್ಲೇಖ ವಾಗುತ್ತದೆ.

ಮುಮ್ಮಡಿ ಬಿಂದುವಾದ O ಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು 0.°0072c=t ಮತ್ತು ಒತ್ತಡ P=4·58 mm. of mercury ಈ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ಮಾರ್ಗ ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದೆ.

0°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ (S.V.P.) ಒತ್ತಡ=

4.58 mm of mercury.

1°c .... =4.92 mm.

1°c ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ S.V.P. ಯ ಏರಿಕೆ =0.34.

ಮುಮ್ಮಡಿ ಬಿಂದುವು t°c ಆಗಿದ್ದರೆ,

t°c ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ S.V.P. ಯ ಪ್ರಮಾಣವೂ, ಒತ್ತಡ ρ ಯ ಪ್ರಮಾ

ಣವೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

$\therefore \rho = 4.58 + 0.34t$

ಇದೇ ಅಲ್ಲದೆ, ಒತ್ತಡವು 760 mm ಏರಿದರೆ, ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು $0.°0072c$ ಅಷ್ಟು ಇಳಿಯುತ್ತದೆಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ. ಆದ್ದರಿಂದ, p ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕರಗುವ ಬಿಂದುವು $t = 0.0072 - \frac{.0072}{760} p$

$$= 0.0072 \left\{ 1 - \frac{4.58 + 0.34t}{760} \right\}$$

ಇದರಿಂದ, $t = .007156.°c$

ಮತ್ತು $p = 4.5824$mm of mercury ಆಗುತ್ತದೆ.

ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ-ಆರ್ದ್ರತೆ (Hygrometry)

ಸಮುದ್ರ, ನದಿಗಳು, ಸರೋವರಗಳು—ಇವುಗಳ ನೀರು ಯಾವಾಗಲೂ ಹೊರಗಿನ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ನಿರಂತರವಾಗಿ ನೀರಿನ ಮೇಲ್ಮೈಗಳ ಮೂಲಕ ಬಾಷ್ಪಪರಿವರ್ತನೆಯು ಸಾಗುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯೊಂದಿಗೆ ಯಾವಾಗಲೂ, ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪವು ಮಿಶ್ರವಾಗಿಯೇ ಇರುತ್ತದೆ. ವಾಯುಮಂಡಲದಲ್ಲಿರುವ ವಾಯುಭಾರವನ್ನು ನಾವು ಅಳೆಯುವಾಗ ಆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ, ಶುದ್ಧ ಗಾಳಿಯ ಒತ್ತಡವೂ, ಅದರೊಂದಿಗೆ ಮಿಶ್ರಿತವಾಗಿರುವ ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡವೂ ಬೆರೆತೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಮಿಶ್ರಿತ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣವು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತಲೇ ಇರುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ವೇಳೆ ಅದು ಪರ್ಯಾಪ್ತಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು (Saturation) ಮುಟ್ಟುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಿವಿಧ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ಬೆರೆತಿರುವ ಬಾಷ್ಪಮಿಶ್ರಿತ ಗಾಳಿಯ ಆರ್ದ್ರತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ವಾತಾವರಣ ಇಲಾಖೆಯವರು (Meteorologists) ಇದನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಹಲವಾರು ವಿಶೇಷ ಸಾಧನಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತಯಾರಿಸಿರುತ್ತಾರೆ. ಆರ್ದ್ರತೆಯ (Humidity) ಪ್ರಮಾಣದ ಮೇಲೆ ಬಹು ಮಟ್ಟಿಗೆ ವಾಯುಗುಣದ ಹಿತ ಅಥವಾ ಕಷ್ಟ ಇವುಗಳು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು ನಾವು

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಡಾಲ್ಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ ವಾಯುಮಂಡಲದ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ, ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲಗಳ ಪ್ರತ್ಯೇಕ ಒತ್ತಡಗಳೂ ಮತ್ತು ಜಲಬಾಷ್ಪ (Water Vapour) ದ ಒತ್ತಡವೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ನಾವು ಕೇವಲ ಗಾಳಿ (dry air) ಮತ್ತು ಬರೀ ಜಲಬಾಷ್ಪ (Water Vapour) ಇವುಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೋಲಿಸಿದರೆ. ಜಲಬಾಷ್ಪದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಗಾಳಿಯ ಸಾಂದ್ರತೆಯ $\frac{5}{8}$ ಭಾಗವಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ವಾಯು ಮಂಡಲದಲ್ಲಿ ಜಲಬಾಷ್ಪ ಪ್ರಮಾಣ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ಒಟ್ಟು ಒತ್ತಡವು ಇಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ವಾಯುಮಂಡಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ವ್ಯತ್ಯಾಸವಾದಂತೆಲ್ಲ ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಬಹುದಾದ ಜಲಬಾಷ್ಪದ ಪ್ರಮಾಣದ ಪರ್ಯಾಪ್ತಮಿತಿಯೂ (Saturation limit) ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಹೆಚ್ಚಿದ ಹಾಗೆಲ್ಲ ಈ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಮಿತಿಯೂ ಏರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ನಾವು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆಯನ್ನು ಹೀಗೆ ವಿವರಿಸಬಹುದು.

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆ (Relative Humidity) ವಾಯುವಿನ ಒಂದು ನಿಯತ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವವಾಗಿರುವ ಜಲ ಬಾಷ್ಪದ ಪ್ರಮಾಣ

ವಾಯುವಿನ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಪರ್ಯಾಪ್ತಮಿತಿಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಜಲಬಾಷ್ಪ ಪ್ರಮಾಣ— ಇದನ್ನೇ ಮತ್ತೊಂದು ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ, ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆ :

$$= \frac{\text{ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವವಾಗಿ ಅಡಗಿರುವ ಜಲಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡ}}{\text{ಅದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಅಡಗಬಹುದಾದ ಜಲಬಾಷ್ಪದ}}$$

ಒತ್ತಡದ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಮಿತಿ.

ಈ ಸಂಖ್ಯೆ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ 1ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಥವಾ ಶೇಖಡ ಸಂಖ್ಯೆ 100ಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ. ಶೇ. 100 ಆದರೆ, ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಮಳೆ ಬೀಳುತ್ತಿರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಇರಬೇಕು. ಹವಾಗುಣವು ಉತ್ತಮ

ವಾಗಿಯೂ, ಹಿತಕರವಾಗಿಯೂ ಇರಬೇಕಾದರೆ, ಈ ಸಂಖ್ಯೆಯು, ಎಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಇದ್ದರೆ ಅಷ್ಟು ಒಳ್ಳೆಯದು. ತೀರಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಖ್ಯೆಯು, 80,90, ರಷ್ಟು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಹವಾಗುಣವನ್ನು ಸಹಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಯುಗುಣವು ಹಿತಕರವಾಗಿರಬೇಕಾದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಮೆ ಇರಬೇಕು ಮತು ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆಯು ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಪ್ರಮಾಣವಿರಬೇಕು. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೇ ಆಧುನಿಕ ನಾಗರಿಕತೆಯಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು "ಹವಾನಿಯಂತ್ರಣ ಸಾಧನಗಳು" (Air-Conditioning appliances) ನಿರ್ಮಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ರೈಲು, ವಿಮಾನ ಸಂಚಾರಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕಾರ್ಯಾಲಯಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಮನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಂಥ ಸಾಧನೆಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ಒಂದು ನಿರ್ಬಂಧಿತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಹಿತಕರವಾದ ವಾಯುಗುಣದ ಅನುಕೂಲವನ್ನು ಅನುಭವಿಸಬಹುದು. ಹೊರಗಿನ, ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಷ್ಣವೂ, ಸಹಿಸಲಸಾಧ್ಯವಾದ ಸೆಕೆಯೂ ಇರುವಾಗ, ವಾಯುನಿಯಂತ್ರಣ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೊಠಡಿಗಳ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಮುಂದಟ್ಟಾಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಉದ್ದೇಶ ಇಷ್ಟೇ, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಾಯುಗುಣ ಹಿತಕರವಾದ ಸನ್ನಿವೇಶವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸುವುದು. ಇದಕ್ಕೆ ತಕ್ಕ ವಾಯುಗುಣದ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರಬಹುದು.– ಉಷ್ಣಾಂಶ 75° 77°F ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆ, 60 to 65% ; ಗಾಳಿಯ ಚಲನೆ 25 to 75 ft 1 min. ಶುದ್ಧಗಾಳಿಯ ಸಂಚಲನೆ–ಸುಮಾರು 25% ಗಾಳಿಯನ್ನು ಶುಭ್ರಪಡಿಸಿರಬೇಕು. ಹೊರಗಣ ವಾತಾವರಣದಲ್ಲಿ ಏನೇ ಬದಲಾವಣೆಗಳಾಗಲಿ, ಮೇಲಿನ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅಳವಡಿಸಿದ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಹವಾ ಬಹಳ ಸುಖಕರವಾಗಿಯೂ ಉಲ್ಲಾಸವಾಗಿಯೂ ಇರುವುದು.

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಸಾಂದ್ರತೆಯನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಹಲವಾರು ಉಪಕರಣಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳಿಗೆ "ಆರ್ದ್ರತಾ ಮಾಪಕಗಳೆಂದು" (Hygrometers) ಹೆಸರು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ 1) ರೆಯ್ನೊ (Regnault) ಆರ್ದ್ರತಾಮಾಪಕ 2) ಡ್ಯಾನಿಯಲ್ (Daniel) ಆರ್ದ್ರತಾಮಾಪಕ, 3) ವೆಟ್ ಅಂಡ್ ಡ್ರೈಬಲ್ಬ್ ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (Wet and Dry Bulb Themometers) 4) ರಾಸಾಯನಿಕ ಆರ್ದ್ರತಾಮಾಪಕ ಮತ್ತು 5) ರೋಮ ಆರ್ದ್ರತಾಮಾಪಕ (Hair Hygrometer) ಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದುವುಗಳು.

7. ವಸ್ತುಸ್ಥಿತಿಯ ಅಖಂಡತೆ (Continuity of State)

ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ. ವಸ್ತುವಿನ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ನಿಖರವಾದ ಗಡಿ ಅಥವಾ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ರೇಖೆ (line of demarcation) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ. ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಒತ್ತಡಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ಸ್ಥಿತಿಯು ದ್ರವರೂಪದ್ದೇ ಅಥವಾ ಅನಿಲ ರೂಪದ್ದೇ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಈ ತತ್ತ್ವಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿದ್ದು, ದ್ರವರೂಪದಿಂದ ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೂ ಅನಿಲರೂಪದಿಂದ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೂ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಒಂದು ಎಲ್ಲೆಯನ್ನು ದಾಟುವ ಸಂಭವವೆಂದು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿದ್ದರೂ ಕೂಡ. ಕೆಲವು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದಿಂದ. ದ್ರವದಿಂದ ಅನಿಲರೂಪಕ್ಕೆ ಉಂಟಾಗುವ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಒಂದು ಅನುಕ್ರಮಿತವಾದ (gradual) ಪರಸ್ಪರ ಮಿಲನವಾಗಿ. (merging into one) ಯಾವ ಹಠಾತ್ ಸಂಭವದ ರೂಪವನ್ನೂ ಒಳಗೊಳ್ಳದ ಒಂದು ಘಟನೆಯಂತೆ ಪರಿಗಣಿಸಲ್ಪಡಬಹುದಾಗಿ ತೋರುತ್ತದೆ. ಇಂಥ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕ್ಯಾನಿಯರ್ಡ್ ಡಿಲಟೂರ್ (Cagniard de la Tour) ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಕ್ರಿ. ಶ. 1822 ರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವು ಬಹಳ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಇದರ ಚಿತ್ರವನ್ನು 56ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಎರಡು ಬಾಹುಗಳನ್ನುಳ್ಳ ಒಂದು ಬಗ್ಗಿದ ನಾಳಿಕೆಯು ಇದೆ. ಉದ್ದವಾದ A ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯೂ, ಮತ್ತೊಂದು ಬಾಹುವಾದ B ಯಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ದ್ರವವೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಮಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಅದರ ಬಾಷ್ಪವೂ (vapour) ಇವೆ. ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳ ಮೇಲ್ಭಾಗಗಳೂ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟಿರುತ್ತವೆ. ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಬಲಪಾರ್ಶ್ವದ ದ್ರವವನ್ನೂ ಎಡಪಾರ್ಶ್ವದ ಗಾಳಿಯನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವಂತೆ ಪಾದರಸ ಸ್ತಂಭವು ಇರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ B ನಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವದ ಮೇಲ್ಭಾ



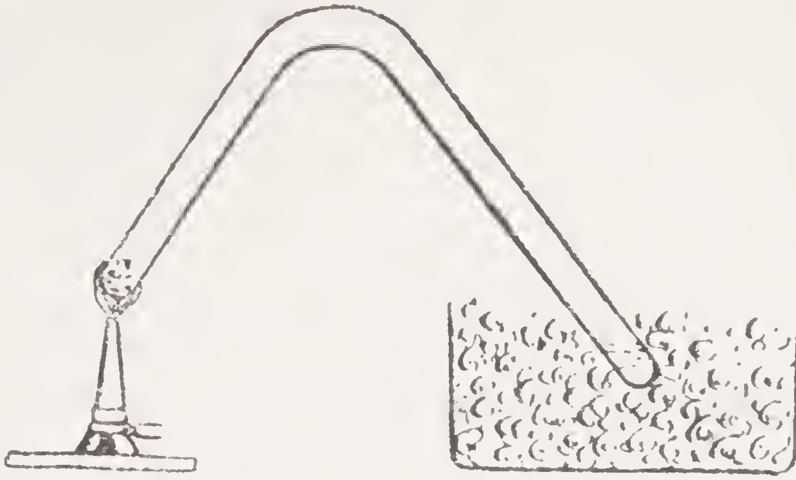
ಚಿತ್ರ 56
Cagniard de la Tour experiment

ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿದ್ದು, ದ್ರವವನ್ನೂ ಅದರೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದಿರುವ (in contact with) ಬಾಷ್ಪವನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿಧಾನವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ನಮಗೆ ಏನು ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬೇಕು. ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಬಾಷ್ಪದ ಒತ್ತಡವೂ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ. ದ್ರವವನ್ನೂ ಬಾಷ್ಪವನ್ನೂ ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಎಲ್ಲೆಯ ಆಕಾರವೂ (meniscus) ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ನಿಮ್ನದಿಂದ ಚಪ್ಪಟೆಯ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ ಕಾಲದಮೇಲೆ ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿದರೆ, ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಮೇರೆ ರೇಖೆಯು ಮಾಯವಾಗತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ B ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುವು ಎರಡು ಬೇರೆ ರೂಪಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರದೆ ಅಖಂಡವಾದ ಒಂದೇ (homogcneous) ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಂತೆ ತೋರಿಬರುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಯಾವ ಭಾಗವು ದ್ರವ, ಯಾವ ಭಾಗವು ಬಾಷ್ಪ ಎಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟವಾಗಿ ಸೂಚಿಸಲು ಕಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಬಂದಮೇಲೆ, ನಾವು ಮತ್ತೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಇಳಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಹಿಂದೆ

ಇದ್ದಂತೆಯೇ ದ್ರವ, ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪ ರೂಪಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಒಂದು ಬಾಗಿದ ರೇಖೆಯು (meniscus) ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. A ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರ ಮೂಲಕ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಯಾವ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ ಯೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲದ ಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸುವ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ ಇದೆಯೆಂದು (continuity) ನಿದರ್ಶಿಸುತ್ತದೆ. ದ್ರವ ದಿಂದ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯಾಗುವ ಸಂಭವವು ಯಾವ ಹಠಾತ್ತಾದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿ ಅಲ್ಲವೆಂದೂ, ಒಂದರಿಂದ ಮತ್ತೊಂದಕ್ಕೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವ ಲೀನತೆಯಿರುವುದಾಗಿ ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ. ಈ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಘನ, ದ್ರವ, ಮತ್ತು ಅನಿಲವೆಂದು ಹೆಸರುಳ್ಳ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂರು ಸ್ಥಿತಿಗಳೂ ಕೂಡ, ಒಂದೇ ವಸ್ತುವಿನ ವಿವಿಧ ಅವಸ್ಥಾವಿಶೇಷಗಳೆಂದೂ, ಅವುಗಳನ್ನು ಜೋಡಿ ಸುವಂತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಮುಖ ಘಟ್ಟಗಳಿರುವುದೆಂದು ನಾವು ಭಾವಿಸಬಹು ದಾಗಿದೆ.

ಈ ಭಾವನೆಯು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟು ಮಾಡಿತು. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವಂತೆ ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ (Liquefaction of gases) ಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮುಂದುವರೆದುವು. ಕ್ರಿ. ಶ. 1823ರಲ್ಲಿ ಫ್ಯಾರಡೆ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಕ್ಲೋರೀನ್. ಸಲ್ಫ್ಯುರೇಟೆಡ್ ಹೈಡ್ರೊಜನ್, ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ (cl, H_2s, Co_2) ಮುಂತಾದ ಹಲವಾರು ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸರಳ ವಾದ ಉಪಕರಣದಿಂದ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ತರಿಸಿದನು. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿ ಸಿದ ಸಾಧನದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 57ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಬೇಕಾದ ಅನಿಲವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು ಬೇಕಾದ ವಸ್ತುವನ್ನು ಒಂದು V ಆಕಾರದ ದಪ್ಪ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಮೊಹರು (Sealed) ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ವಸ್ತುವಿರುವ ಕೊನೆಯನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಅನಿ ಲವು ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗಿ, ನಾಳಿಕೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹವಾಗು ತ್ತದೆ. ಈ ಕೊನೆಯನ್ನು ಶೀತೋತ್ಪಾದಕ ಆವರಣ (freezing mixture)



ಚಿತ್ರ 57

Faraday's Experiment

ಚಲ್ಲಿಟ್ಟರೆ. ಅನಿಲವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈ ಶೀತ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣತೆಯನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಮಟ್ಟಗಳಿಗೆ ಇಳಿಯುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಅನೇಕ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಆವರಣದ ಶೀತದ ಮಟ್ಟವನ್ನು—110°c ನಲ್ಲಿಟ್ಟರೂ ಕೂಡ. ಆಮ್ಲಜನಕ. ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಜಲಜನಕ (O, N and H) ಮುಂತಾದ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವ ರೂಪಕ್ಕೆ ತರುವ ಪ್ರಯತ್ನಗಳೆಲ್ಲ ವಿಫಲವಾದುವು. ನ್ಯಾಟರರ್ (Natterer) ಮೊದಲಾದ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು, ಇದೇ ವಿಧವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಿಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೂ ಕೂಡ ಅವು ಗಳು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುವ ಯಾವ ಸೂಚನೆಗಳೂ ಕಂಡುಬರಲಿಲ್ಲ. ಈ ವಿಫಲತೆಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, O, N ಮತ್ತು H ಅನಿಲಗಳ ಗುಂಪಿಗೆ ಸೇರಿದ ಅನಿಲಗಳನ್ನು "ಶಾಶ್ವತ ಅನಿಲಗಳು" (Permanent gases) ಎಂದು ಕರೆದರು.

ಕಳೆದ ಶತಮಾನದ ಮಧ್ಯಭಾಗದವರೆವಿಗೆ ತೋರಿಬಂದ ಅಭಿ ಪ್ರಾಯದ ಪ್ರಕಾರ, ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಎರಡು ಗುಂಪುಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸುವ ಪ್ರಮೇಯವು ಒದಗಿತ್ತು. Co_2, Cl, Hcl, ಮುಂತಾದ ಅನಿಲಗಳು. ಸೂಕ್ತ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಾಗ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿ ವರ್ತನೆಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಗುಂಪು H, N, O. ಮೊದಲಾದ

ಶಾಶ್ವತ ಅನಿಲಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಗುಂಪು ಈ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಆಗ ಗೊತ್ತಿದ್ದ ಯಾವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದಾಗಲಿ, ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರಲಿಲ್ಲ.

ಈ ಸಂದಿಗ್ಧ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಎಂಬ (Andrews) ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಕ್ರಿ. ಶ. 1869ರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮಹತ್ತಾದ ಸಾಧನೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಅವನು ತಾನೇ ನಿರ್ಮಿಸಿದ ಹೊಸ ಉಪಕರಣದಿಂದ ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲವನ್ನು (Co_2) ಸಮೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ವಿವಿಧ ಒತ್ತಡಗಳು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಇರುವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಆ ಅನಿಲವು ಹೇಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ ಯೆಂಬುದನ್ನು ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಅಧ್ಯಯನ ಮಾಡಿದನು. ಇವನ ವಿಶೇಷ ಪರಿಶ್ರಮದ ಫಲವಾಗಿ. ಬಹಳ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವಿಷಯಗಳು ಹೊರಬಿದ್ದುವು. ಎಲ್ಲಕ್ಕಿಂತಲೂ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಮುಖ್ಯ ಸಮಸ್ಯೆಗಳೆಲ್ಲವೂ ಬಗೆಹರಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು. ಈ ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಆವರಿಸಿದ್ದ ಜ್ಞಾನಾಂಧಕಾರವು ಮಾಯವಾಗಲು ಈ ಹೊಸ ಬೆಳಕು ಕಾರಣವಾಯಿತು. ವಿಜ್ಞಾನದ ಇತಿಹಾಸದಲ್ಲಿ ಇದೊಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕರವಾದ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿತು. ಇಷ್ಟು ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿದ ಚರಿತ್ರಾರ್ಹವಾದ ಆಂಡ್ರೂಸ್‌ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವಿಚಾರವನ್ನು ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಬೇಕು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ನಿರ್ಣಯಾತ್ಮಕ ಅಂಶಗಳು ಈ ರೀತಿಯಿರುತ್ತವೆ.

(i) ದ್ರವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುವ (liquefiable) ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಮತ್ತು ಶಾಶ್ವತವೆಂದು ಗಣಿಸಲಾಗಿದ್ದ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಯಾವ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇಲ್ಲ. ಯಾವ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಬೇಕಾದರೂ. ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಒಂದು ಗಡು ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಬೇಕು. ಈ ಗಡು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ "ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ" ಎಂದು ಹೆಸರಿಡಬಹುದು (Critical Temperature). ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಈ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲಕ್ಕೆ ಇದರ ಬೆಲೆಯು ಸುಮಾರು 31°c ಇರುತ್ತದೆ. ಆಮ್ಲಜನಕಕ್ಕೆ-118°c. ಸಾರಜನಕಕ್ಕೆ—147.°1c. ಮತ್ತು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ—239°9c. ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ

ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಮೇಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗಿಂತ ಬಹಳ ದೂರವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಆ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವೇ ಇಲ್ಲ. ಆದರೆ ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗಿಂತ ಕೆಳಗಿನ ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ಇಳಿಸಿದ್ದೇ ಆದರೆ, ಅವುಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ತರಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಈಗಾಗಲೇ ಕಾರ್ಯರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದಿರುವುದು ನಮಗೆ ತಿಳಿದೇ ಇದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ. ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳೂ ಒಂದೇ ವಿಧವಾದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅವುಗಳ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು (Critical temperatures) ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುವುದೇ ಅವುಗಳ ವಿವಿಧ ಲಕ್ಷಣಗಳಿಗೆ ಕಾರಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 31°c ಕ್ಕಿಂತ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿದರೆ ಅದರ ವರ್ತನೆಗೂ, ಸಾಮಾನ್ಯ ಗಾಳಿಯ ವರ್ತನೆಗೂ, ಯಾವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಒಂದು ಅನಿಲದ ದ್ರವೀಕರಣದ ಸಾಧ್ಯಾಸಾಧ್ಯತೆಯು ಅದರ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುತ್ತದೆ; ಎಂಬುದೇ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವ.

(ii) ಅನಿಲ ಮತ್ತು ದ್ರವದ ಅವಸ್ಥೆಗಳ ನಡುವೆ ಒಂದು ಅವಿಚ್ಛಿನ್ನತೆ (continuity) ಅಥವಾ ಅಭಿನ್ನತೆ ಇದೆ. ಅಖಂಡವಾಗಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ ಭೌತ ಬದಲಾವಣೆಗಳ ಒಂದು ಪರಂಪರೆ (Series)ಯಲ್ಲಿ ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲವೆಂಬುವು ವಿವಿಧ ರೂಪಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸುವಂತೆ ಕೆಲವು ಪ್ರಮುಖ ಘಟ್ಟಗಳಿವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಣ, ಘನೀಕರಣ ಎಂಬುದಾಗಿ ತಿಳಿಸುತ್ತೇವೆ.

(iii) ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯವನ್ನೂ ಕೂಡ ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ಪರ್ವಬಿಂದು (Critical Point) ವಿನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ರೂಪದ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ವಿಷಯವಿದು. ಇವನ ಪ್ರಕಾರ, ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮೀರಿದನಂತರ, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುವೂ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪಕ್ಕೆ (Vapour) ಪರಿವರ್ತನೆ ಹೊಂದಿ ಅನಿಲವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ (condensation) ತಿರುಗುವಾಗ ಯಾವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುತ್ತದೆಯೋ ಹಾಗೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಗುಣಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ.

(a) ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಾಂದ್ರತೆಯೂ, ಬಾಷ್ಪರೂಪದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ.

(b) ದ್ರವ ಮತ್ತು ಬಾಷ್ಪರೂಪಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸುವ ಎಲ್ಲೆ ರೇಖೆ (Boundary line) ಯು ಮಾಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಅಂಶಗಳೂ ಮೊದಲು ತಿಳಿಸಿದ (Cagniard de le Tour)ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

(c) ಬಾಷ್ಪದ ಸಂಕೋಚನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Compressibility) ಅತ್ಯಧಿಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಮುಖ್ಯಸಂಶೋಧನೆಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮುಂದುವರೆಯಲು ಕಾರಣವಾದುವು. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯಗಳಲ್ಲಿ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳು (ideal gases) ಯಾವ ನಿಯಮಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುತ್ತವೆಯೆಂಬುದನ್ನು ಪ್ರಸ್ತಾಪಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಈಗ ಸಾಮಾನ್ಯ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಒತ್ತಡಗಳಿಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೂ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ ಅವು ಯಾವ ನಿಯಮಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆಯೆಂಬ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಲು ಅನೇಕ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ನಡೆದುವು. ಕ್ರಿ. ಶ.1880ರಲ್ಲಿ ಆಮಗಾ (Amagat) ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ನಡೆಸಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮತ್ತು ಅವುಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದವು. ಇವುಗಳನ್ನೂ ಕೂಡ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ವಿಚಾರ ಮಾಡಬೇಕು. ಸ್ಥೂಲವಾಗಿ ಹೇಳುವುದಾದರೆ ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಹೊರಬಿದ್ದ ಅಂಶಗಳು ಹೀಗಿರುತ್ತವೆ:—

(i) ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವ (actual) ಅನಿಲಗಳು ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

(ii) ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸುಲಭವಾಗಿ ದ್ರವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುವ (easily Condensable) ಅನಿಲಗಳಿಗೂ, 'ಶಾಶ್ವತ' ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ವರ್ತನೆಯಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿರುತ್ತವೆ.

(iii) ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ವಿರುದ್ಧವಾದ ವರ್ತನೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವು ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯಿಸುವ ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಿ ಅವುಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಿಕೊಳ್ಳುವಂತೆ ಬೇರೆ ಸಮೀ ಕರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಹಲವಾರು ಮುಖ್ಯ ಸಂಶೋಧನೆ ಗಳ ಗುರಿಯಾಯಿತು. ಈ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಲ್ಲಿ Van-der-waals ಶಾಸ್ತ್ರ ಜ್ಞನು ಪ್ರತಿ ಪಾದಿಸಿದ ಸಮೀಕರಣವು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿರುವ ರೂಪದಲ್ಲಿದೆ.

$$\left(P+\frac{a}{V^2}\right)\left(V-b\right)=RT$$

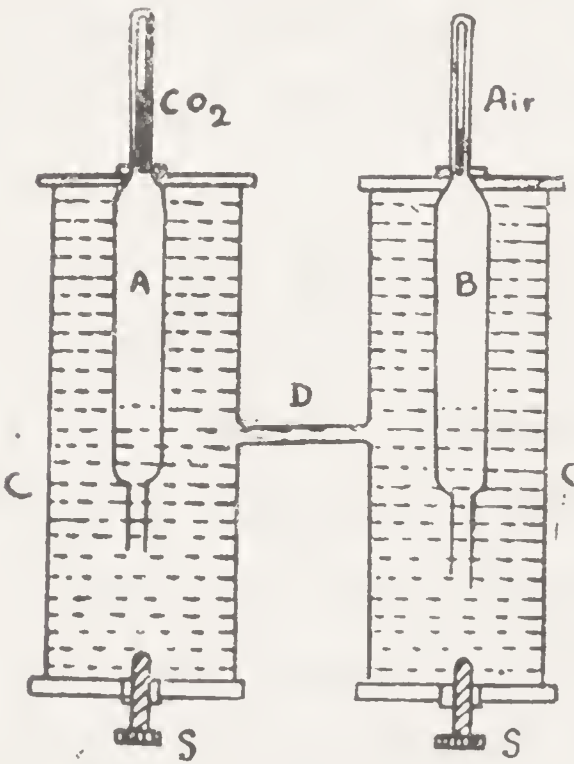
ಈ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಸಂಪೂರ್ಣ ಸಾಮರಸ್ಯವಿಲ್ಲ ದಿದ್ದರೂ, ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಅದಕ್ಕೆ ಸಮರ್ಥನೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಅನಿಲದ ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ನಾವು ಮಾಡಿದ ಕೆಲವು ಮೂಲ ಪ್ರಮೇಯಗಳನ್ನು ಸೂಕ್ತ ವಾಗಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿ ಅವುಗಳಿಂದ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸಲಾಯಿತು. ಇದರಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಮುಖ್ಯ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿ ಪಡಿಸಲು ಇನ್ನೂ ಅನೇಕ ಸಂಶೋಧಕರು ಹಲವಾರು ಸ್ಥಿತಿಸಮೀಕರಣ ಗಳನ್ನು (Equations of State) ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದ್ದಾರೆ. ಒಂದೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಸಮೀಕರಣವು ಮುಖ್ಯವಾಗಿದ್ದರೂ, ಯಾವು ಒಂದು ಸಮೀಕರಣವೂ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿ ಸಲ್ಪಡುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದಮೇಲೆ, ಅನಿಲಗಳ ಅಂತರ್ಯ ರಚನೆ, ಲಕ್ಷಣಗಳ ವಿಷಯವು ನಮಗೆ ಇನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಿಳಿದಿಲ್ಲವೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗು ತ್ತದೆ.

ಶುದ್ಧ ತತ್ತ್ವಗಳ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಸಮರ್ಥನೆಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ, ವಸ್ತುವಿನ ಭೇದಗಳನ್ನು ಅರಿಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿರುವಂತೆಯೇ, ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ ಮತ್ತು ಅತಿಶೀತ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು (Low Temperatures) ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡುವ ಮಾರ್ಗದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಫಲಕಾರಿಯಾದುವು. ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿ (Liquid Air)ಯನ್ನು ಹಲ ವಾರು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ತಯಾರುಮಾಡುವುದು ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾದುದು. ಈ ವಿಧವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ದ್ರವೀಕೃತ

ಹೀಲಿಯಂ (Liquid Helium) ತಯಾರ್ಮಾಡಿ, ಸುಮಾರು—269°c ಅಥವಾ 4°A ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಇಷ್ಟೆ ಅಲ್ಲ, ಇತ್ತೀಚಿನ ಸಂಶೋಧನೆಗಳ ಫಲವಾಗಿ 0.°003 A ಅಷ್ಟು ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗಿದೆ. ಪರಮ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದುವಿನ (Absolute Zero) ಉಷ್ಣಾಂಶವಾದ O°Aನ ಸಮೀಪಕ್ಕೆ ಹೋಗಲು ಸತತ ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಲೇ ಇವೆ. ಈ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ಭೌತ ಲಕ್ಷಣಗಳು ಬಹಳ ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆಯೆಂಬ ವಿಷಯವು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ವಿಸ್ತಾರವಾಗಿ ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪಿಸಲಾಗುವುದು.

ಆಂಡ್ರ್ಯೂಸ್ ಸಂಶೋಧನೆಗಳು. (Andrews' Experiments).

ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ Co_2 ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, (Andrews) ಆಂಡ್ರ್ಯೂಸ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಪ್ರಸಿದ್ಧಿಪಡೆದಿದಾನೆ. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 58ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. A ಮತ್ತು B ಎಂಬುವು ಒಂದೇ ಸಮನಾದ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಗಳು. ಇವುಗಳ ಮೇಲ್ಭಾಗಗಳು ಅತಿ ಸಣ್ಣ ರಂಧ್ರದ ದಪ್ಪ ರೋಮನಾಳಿಕೆ (capillary) ಗಳು. ಮಧ್ಯಭಾಗವು ಅಗಲವಾಗಿ (2.5 mm ವ್ಯಾಸ)ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗವು ಸ್ವಲ್ಪ ಕಡಿಮೆ ವ್ಯಾಸ (1.25 mm ವುಳ್ಳದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರದ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ನೇರವಾಗಿ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಓದಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವಂತೆ ಎಳೆಗಳು ಗುರ್ತಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.



ಚಿತ್ರ 58
Andrews' apparatus

ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು, A ಮತ್ತು B ನಾಳಿಕೆಗಳ ಎರಡು ತುದಿಗಳೂ ತೆರೆದಿರುತ್ತವೆ. A ಮೂಲಕ ಸುಮಾರು 24 ಘಂಟೆಗಳ ಕಾಲ ಶುದ್ಧವಾದ ಮತ್ತು ಶುಷ್ಕ CO_2 ಅನಿಲವನ್ನು ಹಾಯಿಸಿ. ಗಾಳಿಯ ಯಾವ ಕುರುಹುಗಳೂ (Traces) ಇರದಂತೆ ಮಾಡಿ ಎರಡು ತುದಿಗಳನ್ನೂ ಮೊಹರು ಮಾಡಬೇಕು. ನಂತರ ಅಗಲವಾದ ಕೆಳಗಿನ ಭಾಗವನ್ನು ಪಾದರಸದೊಳಗೆ ಅದ್ದಿ, ಆ ತುದಿಯನ್ನು ತೆರೆದರೆ, ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಪಾದರಸದ ಎಳೆ (M) ಯನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ಸೆಳೆಯಬಹುದು. ಪರ್ಯಾಯವಾಗಿ, ಶಾಖಮಾಡುವುದು ಆರಿಸುವುದು ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಪಾದರಸದ ಎಳೆಯನ್ನು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ರಂಧ್ರದ ಮೇಲ್ಭಾಗಕ್ಕೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ ಅದರಮೇಲೆ CO_2 ಅನಿಲವು ಬಂಧಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ನಾಳಿಕೆ B ಯಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪಾದರಸ ಎಳೆಯನ್ನು ಸೆಳೆದು ಅದರ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಬಂಧಿಸಬಹುದು.

ನಂತರ A ಮತ್ತು B ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನು C C ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಎರಡು ಗಟ್ಟಿಯಾದ ತಾಮ್ರದ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳಲ್ಲಿ ಬಿಗಿಯಾಗಿ ನಾಟಿಸಬೇಕು (Firmly fixed). ರೋಮನಾಳಿಕೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗವು ಮಾತ್ರ ಹೊರಗಡೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಎರಡು ತಾಮ್ರ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ನೀರು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತುಂಬಿದ್ದು ಕೆಳಭಾಗಗಳಲ್ಲಿ ಬಲವಾಗಿ ಅದುಮಲ್ಪಟ್ಟಿರುವ ಸ್ಕ್ರೂ ಪ್ಲಂಜರುಗಳು ಇರುತ್ತವೆ. (Screw Plungers) ಇವುಗಳನ್ನೂ ಅದುಮುವುದರ ಮೂಲಕ ಎಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚು ಬೇಕಾದರೂ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು. ಈ ಅಧಿಕ ಒತ್ತಡವು ನೀರಿನ ಮೂಲಕ ಮೇಲಿನ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟು ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿರುವ ಪಾದರಸದ ಎಳೆಯು (Pellet) ಸರಿಯುತ್ತದೆ. ಇದರ ಫಲವಾಗಿ ಮೇಲೆ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಬದಲಾಯಿಸಿ, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನೇರವಾಗಿ ಓದಿ ತಿಳಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಆಂಡ್ರೂಸ್ ತನ್ನ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ 400 ವಾಯುಮಾನ (400 atmospheres) ಗಳವರೆವಿಗೂ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಿ, ಅದರ ಪರಿಣಾಮದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರಗಳನ್ನು ಎ. ಅಳೆದನು.

ತ್ತದೆ.

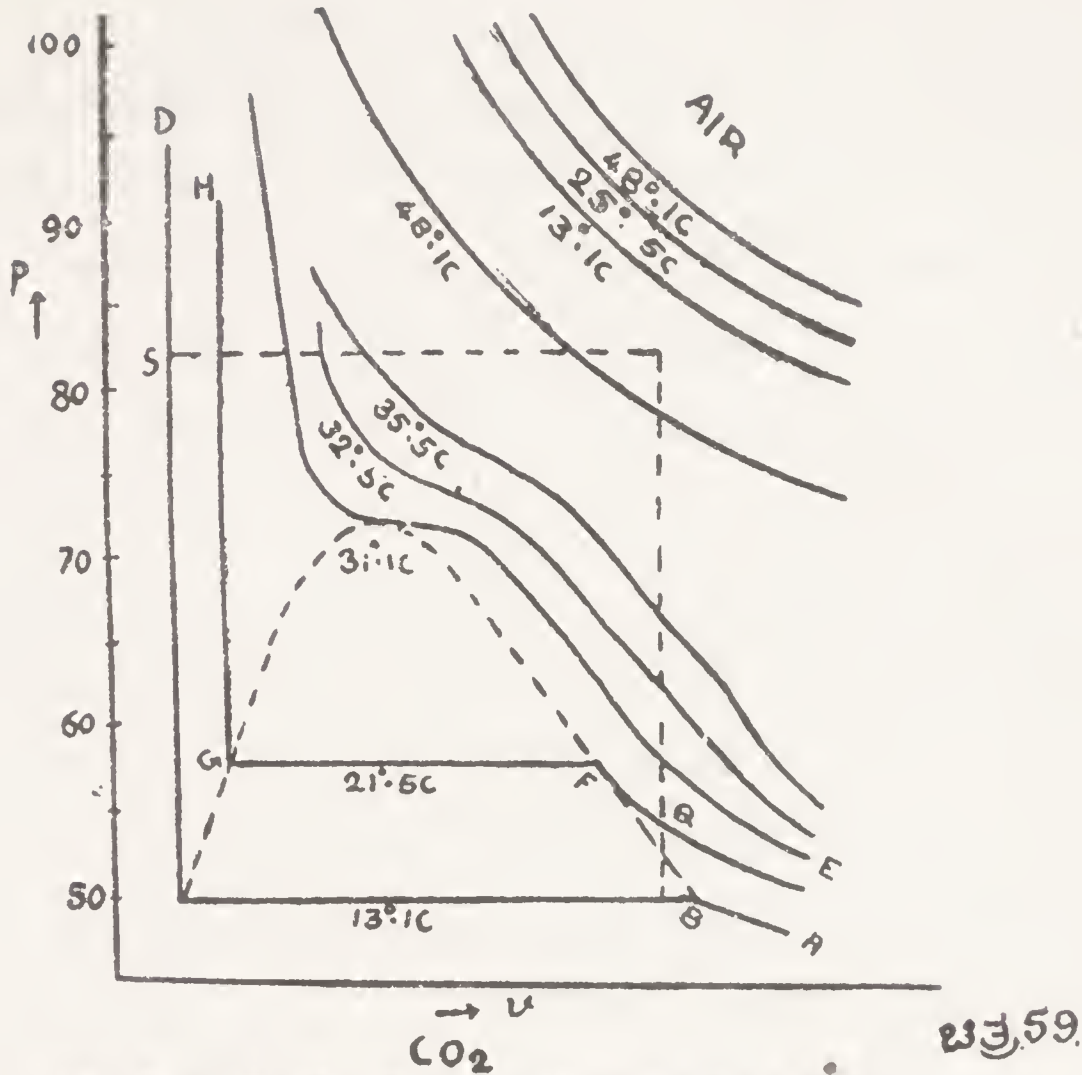
ಎರಡು ತಾಮ್ರದ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳಿಗೂ ಸಂಪರ್ಕವಿರುವಂತೆ Dಎಂಬ ಅಡ್ಡ ನಾಳಿಕೆಯಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಏಕ ಕಾಲದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು Co_2 ಮತ್ತು ಗಾಳಿ ಈ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಗಾತ್ರಭೇದಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯ ಲಾಯಿತು.

ಒತ್ತಡ ಸಿಲಿಂಡರುಗಳಿಂದ ಹೊರಗಡೆ ಚಾಚಿಕೊಂಡಿರುವ A ಮತ್ತು B ನಾಳಿಕೆಗಳ ಹೊರ ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಎರಡು ಜಲ ಆವರಣ (water-Baths) ಗಳಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿ, B ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, A ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು $0°c$—$100°c$ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಡಲೂ ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಮೊದಲು ಸುಮಾರು 30 ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಿ ಎರಡು ಅನಿಲಗಳ (co_2 ಮತ್ತು ಗಾಳಿ) ಗಾತ್ರಗಳನ್ನೂ ಅಳತೆ ಮಾಡಿದನು. ನಂತರ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಕ್ರಮ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಏರಿಸುತ್ತ, ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಸಾಧ್ಯವಾದ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವವರೆವಿಗೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನೂ ಮುಂದುವರೆಸಿ, ಒಂದೊಂದು ಒತ್ತಡಕ್ಕೂ ಅನುಗುಣವಾದ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ನಿರ್ಧರಿಸಿದನು. ಇದೇ ರೀತಿಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹಲವಾರು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದನು. ಹೀಗೆ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ co_2 ಅನಿಲದ p ಮತ್ತು v ಅಥವಾ ಒತ್ತಡ—ಗಾತ್ರದ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ರೇಖೆಗಳನ್ನು (Isothermals) ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಎಳೆದನು. ಈ ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಚಿತ್ರ 59ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. ಈಗ ಇವುಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆಮಾಡಬೇಕು.

ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳ ವಿವರಣೆ.

$13°.1c$ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ABCD ರೇಖೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರ ABಭಾಗವು ಅನಿಲದ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ B ಬಿಂದುವರೆವಿಗೆ



ಚಿತ್ರ 59

Andrews' Experiments – Isothermals of CO_2

ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ (Saturated Vapour) ದಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವಾಗ, BC ಭಾಗವು ಸಮತಲ (Horizontal) ವಾಗಿದ್ದು, ಗಾತ್ರ ಕಡಿಮೆಯಾದರೂ ಒತ್ತಡದ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಮತ್ತು C ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ವಸ್ತು ಸಂಪೂರ್ಣ ದ್ರವವಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚವಾಗಬೇಕಾದರೂ ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡ ಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ CD ಭಾಗವು ಸುಮಾರು ನೇರಾಗಿ (vertical) ಯೇ ಇರುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು 21°.5 Cಗೆ ಏರಿಸಿದಾಗ, ರೇಖೆಯ ರೂಪವು E F G H ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಸ್ವರೂಪವು A B C D ಯಂತಿದ್ದರೂ, ಒಂದೆರಡು ಮುಖ್ಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಎದ್ದು ಕಾಣುತ್ತವೆ. ಸಮತಲ ವಾದ E F ಭಾಗವು A B ಗಿಂತ ಕಡಮೆ ಉದ್ದವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, ಪರ್ಯ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪದ ಗಾತ್ರಕ್ಕೂ ದ್ರವದ ಗಾತ್ರಕ್ಕೂ ಇರುವ ಅಂತರವು ಕಡಮೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. G ಬಿಂದುವು C ಗಿಂತ ಮೇಲೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಬೇಕಾದ ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬೇಕು ಎಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನು 31.1° C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ರೇಖೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರೆ, ಸಮತಲ ಭಾಗವು ಮಾಯವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಅನಿಲದಿಂದ ದ್ರವಸ್ಥಿತಿಯ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಥಟಕ್ಕನೆ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಅನಿಲದಿಂದ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಸಂಭವವಾಗುವುದೇ ಸಾಧ್ಯವಿಲ್ಲವೆಂದು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. 32.°5 C ಮತ್ತು 35°.5 C ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ರೇಖೆಗಳೂ ಇದೇ ವಿಧವಾದ ನಡವಳಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತವೆ. 48.°1C ಉಷ್ಣಾಂಶದ ರೇಖೆಯನ್ನು ಗಮನಿಸಿದರಂತೂ, ಶಾಶ್ವತ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ, ಇದಕ್ಕೂ ಯಾವ ಭಿನ್ನತೆಯೂ ಇಲ್ಲವೆಂಬುದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಇನ್ನೂ ಚೆನ್ನಾಗಿ ತಿಳಿಸಲು, ಮೇಲುಭಾಗದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಗಾಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದ ರೇಖೆಗಳು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಗಾಳಿಯ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ 13°.C, 21°.5C, 48°.C, ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ರೇಖೆಗಳೆಲ್ಲ ಒಂದೇ ಸ್ವರೂಪಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅನಿಲ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದನ್ನು ರೂಪಿಸುತ್ತವೆ.

ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ, CO_2 ಅನಿಲದ ದ್ರವೀಕರಣವು ಸಾಧ್ಯವಾಗುವ ಅತ್ಯುಚ್ಚ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಮಾಣವು 30°.9 C ಎಂದು ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ರೇಖೆಯ ಸಮತಲ ಭಾಗವು ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಬಿಂದುವಾಗಿ ಪರಿಣಮಿಸಿತು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು Co_2 ಅನಿಲದ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Critical temperature) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ. (Cagniard de la Tour) ಕಾನಿಯರ್ಡ್ ಡಿಲಟೂರ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಬಂದಂತೆ ದ್ರವದ ಗುಣಗಳೂ (properties) ಮತ್ತು ಅದರ ಪರ್ಯ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪದ ಗುಣಗಳೂ ಒಂದೇ ಆಗಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ರೇಖೆಯನ್ನು ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆ (Critical Isothermal) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು.

ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಗಳ ಸಮತಲ ಭಾಗಗಳ ಎರಡು ತುದಿಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ ಅದು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಚುಕ್ಕಿರೇಖೆ (dotted curve) ಯಂತೆ ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ರೇಖೆಯೂ, ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶರೇಖೆಯೂ, ಒಂದು ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಪರ್ಶ ಮಾಡುತ್ತವೆ. ಈ ಸ್ಪರ್ಶಬಿಂದು (P) ವನ್ನು ಕ್ರಿಟಿಕಲ್ ಅಥವಾ (ಪರ್ವ) ಬಿಂದು (Critical Point) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. P ಬಿಂದುವು ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಯ ಬಾಗುಬಿಂದು (Point of Inflection) ಎಂದೂ ಗಣಿಸಲ್ಪಡಬಹುದು. ಚುಕ್ಕಿ ರೇಖೆಯ ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಅಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ಒಳಗಿನ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪಗಳ ಮಿಶ್ರಣ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿಯೂ, ಎಡಗಡೆ, ಸಂಪೂರ್ಣ ದ್ರವದ ಸ್ಥಿತಿ ಯಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ—P ಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಅಕ್ಷ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು (Co-ordinates) ಪರ್ವ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಪರ್ವಗಾತ್ರಗಳ ಪ್ರಮಾಣ ಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದು ವಸ್ತುವಿನ ಪರ್ವ ಒತ್ತಡ, ಪರ್ವಗಾತ್ರ, ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ—ಈ ಮೂರನ್ನೂ ಸೂಚಿಸುವ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ವಸ್ತುವಿನ ಪರ್ವ ನಿಯತಾಂಕ (Critical Conatants) ಗಳು ಅನ್ನಿಸಿಕೊಳ್ಳುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು ಕ್ರಮವಾಗಿ P_c V_c ಮತ್ತು T_c ಗಳಿಂದ ಗುರ್ತಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ವಿವರಣೆ ಈ ರೀತಿಯಿರುತ್ತದೆ.

T_c— ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಯಾವ ವಸ್ತುವನ್ನಾದರೂ, ಕೇವಲ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ದ್ರವೀಕರಿ ಸಲು ಸಾಧ್ಯವಿರುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶವಿದ್ದಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟೇ ಅಗಾಧ ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡ ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದರೂ ಕೂಡ, ದ್ರವೀಕರಣವು ಸಾಧ್ಯವಾಗು ದಿಲ್ಲ.

P_c ಚರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಣ ಮಾಡಲು, ಬೇಕಾಗುವ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಮಾಣ.

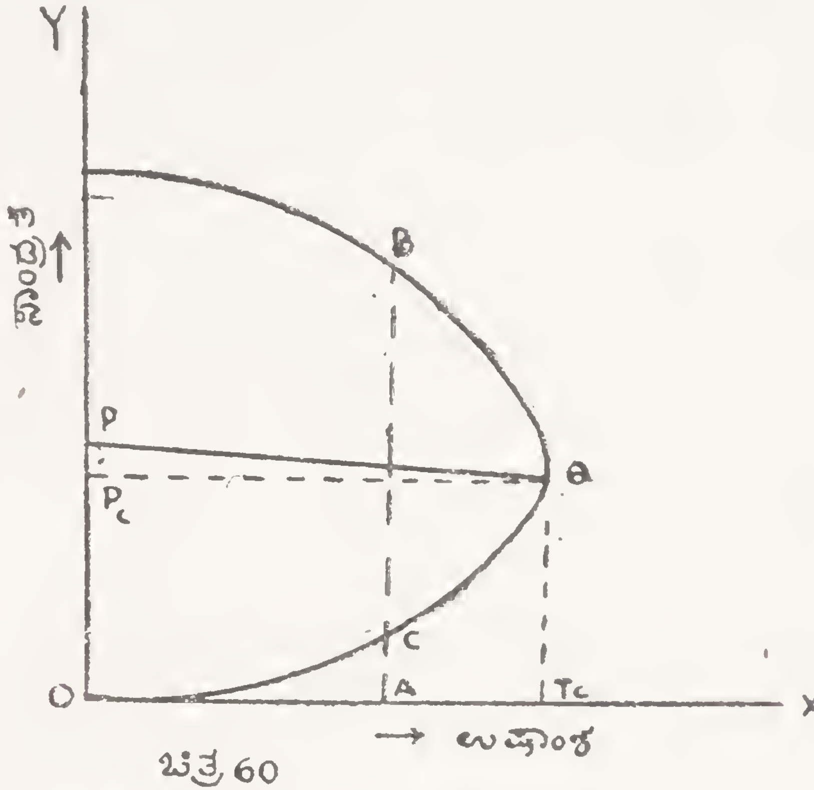
V_c—ಕ್ರಿಟಿಕಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಗಾತ್ರ (Specific Volume)

ಕ್ರಿಟಿಕಲ್ ನಿಯತಾಂಕಗಳನ್ನು (Critical Constants) ಪ್ರಯೋಗ ಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಧಾನ.

ಇದು ಅಷ್ಟು ಸುಲಭವಾದ ಕೆಲಸವಲ್ಲ. ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಮತ್ತು ಪರ್ವ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ ಕಾನಿಯರ್ಡಿಲಟೂರ್ (Cagniard de la Tour) ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ಉದ್ದವಾದ ಒಂದು ದಪ್ಪ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಗೆ ಒಂದು ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕ (mano-meter) ವನ್ನು ಸೇರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಸೂಕ್ತವಾದ ದ್ರವವನ್ನು ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶ ನಿಯಂತ್ರಣ ಸಾಧನ (thermostat) ದಿಂದ ಆವರಿಸಬೇಕು. ಸಣ್ಣ ಅಂತರಗಳುಳ್ಳ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಇಡುವ ಅವಕಾಶವಿರಬೇಕು. ದ್ರವರೂಪವು ಥಟಕ್ಕನೆ ಮಾಯವಾಗಿ ಮತ್ತೆ ಕಾಣಿಸಿಕೊಳ್ಳುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನಿಶ್ಚಯಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಸರಾಸರಿ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನಾಗಿ ಗಣಿಸಬಹುದು. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಒತ್ತಡವೇ ಪರ್ವ ಒತ್ತಡವಾಗುತ್ತದೆ.

ಪರ್ವ ಗಾತ್ರ (Critical Volume) ವನ್ನು ಗೊತ್ತು ಹಚ್ಚುವುದು ಶ್ರಮಸಾಧ್ಯವಾದ ಕೆಲಸ. ಏಕೆಂದರೆ, ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಕ್ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಅತ್ಯಲ್ಪ ಒತ್ತಡ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಂದಲೂ ಆಗುವ ಗಾತ್ರದ ಬದಲಾವಣೆಗಳು ಅಧಿಕ ಪ್ರಮಾಣದ್ದಾಗಿರುತ್ತವೆ. ಅದೂ ಅಲ್ಲದೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಕೂಡ ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರಬೇಕು. ಇದಕ್ಕಾಗಿ ಕೇಲಟೆ ಮತ್ತು ಮ್ಯಥಿಯಾಸ್ ಎಂಬುವರು (Cailletet and Mathias) ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟಿರುವ 'ನೇರವ್ಯಾಸಗಳ ನಿಯಮದ' (Law of Rectilinear Diameters) ವಿಧಾನವು ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ವಿಧಾನವಿದು. ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ ತಿಳಿದಿರುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ; ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆವಿಗೆ. ದ್ರವದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತಲೂ. ಅದರ ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಲೂ ಹೋಗುತ್ತವೆ. ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಾಂದ್ರತೆಗಳೂ

ಸಮ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಿ, ಸಾಂದ್ರತೆಗೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧದ ರೇಖೆಯನ್ನು ಎಳೆದರೆ ಅದು ಚಿತ್ರ 60 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತಿರುವುದು. ಈ ರೇಖೆಯ ಕೆಳಭಾಗವು ಪರ್ಯಾಪ್ತ ಬಾಷ್ಪಕ್ಕೂ ಮೇಲ್ಭಾಗವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೂ



ಚಿತ್ರ 60

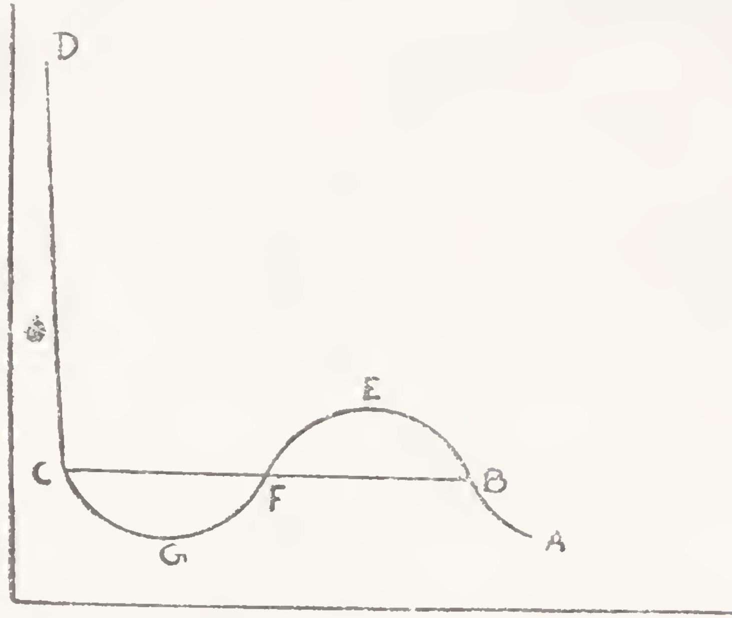
Law of Rectilinear Diameters.

ಅನ್ವಯಿಸಿ, ಇವೆರಡೂ Q ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸಂಧಿಸುತ್ತವೆ. ಒಂದೊಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಬಾಷ್ಪ ಮತ್ತು ದ್ರವ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ಸಾಂದ್ರತೆಗಳ ಸರಾಸರಿಯನ್ನು ಗುರ್ತಿಸುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಇವುಗಳು PQ ಎಂದು ತೋರಿಸುವ ಸರಳರೇಖೆಯ ಮೇಲೆ ಇರುತ್ತವೆ.

$Y = AC = \frac{1}{2}(\rho_1 + \rho_v) = \frac{1}{2}(AB + AC)$ PQ ರೇಖೆಯನ್ನು ನೇರವ್ಯಾಸವೆಂದು ಕರೆದರೆ, ಈ ರೇಖೆಯು ಸಾಂದ್ರತೆ ರೇಖೆಗಳ ಎರಡು ಭಾಗಗಳನ್ನೂ ಸಂಧಿಸುವ Q ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಉಷ್ಣಾಂಶವೇ T_c ಅಥವಾ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸೂಚಿಸಬೇಕು. ಇದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾದ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ρ_c ಆಗಿದ್ದರೆ, ಪರ್ವಗಾತ್ರವು $V_c = \frac{1}{\rho_c}$ ಇರಬೇಕು. (ಇಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ತೂಕವು 1 ಗ್ರಾಂ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬೇಕು).

ಜೇಂಸ್ ಥಾಂಸನ್ ಪ್ರಮೇಯ (James Thomson's hypothesis)

ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ತನ್ನ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿವರಿಸುವಾಗ, ವಸ್ತುವಿನ ಅಖಂಡ ಸ್ಥಿತಿ (Continuity of State)ಯ ವಿಷಯವನ್ನು ಒತ್ತಿ ಹೇಳಿದನು. ಆದರೆ, ಅವನು ಎಳೆದು ತೋರಿಸಿದ ಸಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಗಳು (Isothermals) ಈ ಅಂಶವನ್ನು ಅಷ್ಟು ಖಚಿತವಾಗಿ ವ್ಯಕ್ತಪಡಿಸಲಿಲ್ಲ. ಚರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕೆಳಗಿರುವ



ಚಿತ್ರ 61
James Thomson's Hypothesis

ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಸಮ ಉಷ್ಣಾಂಶರೇಖೆಯನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಅದರ ಕ್ಷಿತಿಸಮಾನಾಂತರ (horizontal) ಭಾಗವು BC ಯಾಗಿದ್ದು, B ಮತ್ತು C ಎಂಬ ಪರಿವರ್ತನೆ ಬಿಂದುಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವು ಥಟಕ್ಕನೆ ಬಾಷ್ಪ ಮತ್ತು ದ್ರವರೂಪಗಳಿಗೆ ತಿರುಗುವಂತೆ ಗೋಚರವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಷಯಕ್ಕೆ ಸ್ವಲ್ಪ ಸಮಂಜಸತೆಯನ್ನು ಕೊಡಲು ಜೇಂಸ್ ಥಾಂಸನ್ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಒಂದು ಬಹಳ ಚಮತ್ಕಾರವಾದ ಊಹೆಯನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಅದೇನೆಂದರೆ, B ಮತ್ತು C ಬಿಂದುಗಳನ್ನು ಸಂಧಿಸುವಂತೆ ಸರಳ ರೇಖೆಗೆ ಬದಲಾಗಿ BEFGC ಎಂಬ ವಕ್ರರೇಖೆಯನ್ನು ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದನು. ಹೀಗಿದ್ದರೆ, ಸಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಯು A B C D ಗೆ ಬದಲಾಗಿ, A B E F G C D ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡನೇ ರೇಖೆಯಿಂದ ವಸ್ತುವು ಒಂದು ಸ್ಥಿತಿಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಬದ

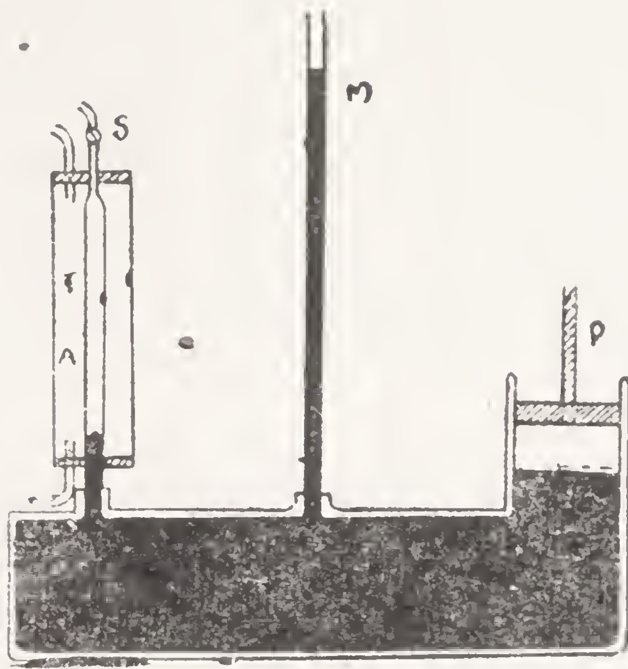
ಲಾಯಿಸುವಾಗ ಒಂದು ಕ್ರಮ (Continuity) ವಿರುವುದು ಚೆನ್ನಾಗಿ ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರಬಹುದು ಎನ್ನುವುದಕ್ಕೆ ಪ್ರಯೋಗದ ಆಧಾರ ವೇನೆಂಬುದಕ್ಕೆ ಥಾಂಸನ್ ಈ ರೀತಿ ವಿವರಣೆಯಿತ್ತನು. BE ಎಂಬ ಭಾಗವು ಒಂದು ವ್ಯಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿ (unstable) ಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವುದು ಕಷ್ಟವಾದರೂ. ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಇದರ ಸಾಧ್ಯತೆಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಈ BE ಭಾಗವು ಅತಿ ಶೀತಲ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನೂ (Super-Cooled) ರೂಪಿಸುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ CU ಭಾಗವು ಅತಿ ಉಷ್ಣಿತ (Super-heated) ವ್ಯಸ್ಥಿರ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. ಹಿಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಈ ಎರಡು ವಿಶೇಷಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಸಾಧಿಸಬಹುದಾದ ವಿಷಯವು ವಿವರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಈಗ ಉಳಿದಿರುವ GE ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವೂ, ಗಾತ್ರವೂ ಏಕಕಾಲದಲ್ಲಿ ಏರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಸ್ವಾಭಾವಿಕವಲ್ಲದ ಸ್ಥಿತಿಯಾದರೂ, ವಾಸ್ತವಸ್ಥಿತಿಗೆ ವಿರೋಧವಾಗಿದ್ದರೂ, ರಭಸ ಕುದಿಯುವಿಕೆ (Boiling by bumping) ಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆಂದು ಭಾವಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಿಶೇಷ ಅರ್ಥವನ್ನು ಕಲ್ಪಿಸಿದರೆ, ಸಮಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಯ ಸ್ವರೂಪವು ಮುಂದೆ ತಿಳಿಸುವ ವಾಂಡರ್‌ವಾಲ್ಸ್ (Vander-waals equation) ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Maxwell) ಸಲಹೆಯ ಪ್ರಕಾರ BEF ಮತ್ತು CGF ಭಾಗಗಳ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲಗಳು ಸಮವಾಗಿರಬೇಕು.

ಇದುವರೆವಿಗೂ. ವಸ್ತುವಿನ ವಿವಿಧಸ್ಥಿತಿಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಸೂಚಿಸುವ ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಿದ್ದಾಯಿತು. ಈಗ ಇವುಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸುವ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ಆಧಾರವುಳ್ಳ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ರಚಿಸಬೇಕು. ಇದರ ಅಂಗವಾಗಿ ನಾವು ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು, ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕೂ ಇರುವ ಹೊಂದಿಕೆಯನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡಬೇಕು—

ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರಿಸಲು $PV = RT$ ಎಂಬ ಅಸಿಲ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, ವಾಸ್ತವ

ಅನಿಲಗಳು ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ಈ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಯಾವ ಸಂದರ್ಭಗಳಲ್ಲಿ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ ಎಂಬ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಕಳೆದ 19ನೆಯ ಶತಮಾನದ ಆದಿಭಾಗದಿಂದ ನಡೆದು ಬಂದಿವೆ. ಕ್ರಿ.ಶ. 1827ರಲ್ಲಿ ಡೆಸ್‌ಪ್ರೆ (Despretz) ಎಂಬ ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಗಾಳಿಗೂ ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದನು. ಅವನದು ಬಹಳ ಸರಳ ಪ್ರಯೋಗ. ಒಂದು ಮುಚ್ಚಿದ ಪಾದರಸದ ತೊಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ (Cistern of mercury) ಹಲವಾರು ಬರಾಮೀಟರ್ ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಅಕ್ಕಪಕ್ಕದಲ್ಲಿ ನಿಲ್ಲಿಸಿದನು. ಒಂದೊಂದರಲ್ಲಿಯೂ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದೇ ತೂಕದ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಬಂಧಿಸಿದನು. ವಿಶೇಷ ಸ್ಕ್ರೂಪ್ಲಂಜರ್‌ಗಳಿಂದ (Screw Plungers) ಹೆಚ್ಚು ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸುತ್ತ, ಇವುಗಳಿಂದ ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿಯೂ ಉಂಟಾದ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಅಳೆದನು. ಸುಲಭವಾಗಿ ದ್ರವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುವ ಅನಿಲಗಳಾದ CO_2, NH_3 ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರ ಸಂಕೋಚ (Compressibility) ವು, ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಶಾಶ್ವತ ಅನಿಲಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದಂತೆ ಕಂಡು ಬಂದಿತು. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ದೂರೀಕರಣವು (deviation) ತೋರಿಬಂದಿತು.

ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಿಗೆ ಒಳಪಟ್ಟಾಗ ಗಾತ್ರವು ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾಗಿ, ನಿಖರವಾದ ಅಳತೆಯು ಸಾಧ್ಯವಾಗದಿದ್ದರಿಂದ ರೆಯ್ನೋ (Regnault) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮತ್ತೊಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಕ್ರಿ. ಶ. 1847ರಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. T ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗೆ ಶುದ್ಧವಾದ ಶುಷ್ಕ ಅನಿಲವನ್ನು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಇಡಲಾಗಿ, ಅದರ ಕೆಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಮತ್ತೊಂದು ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕಕ್ಕೆ ಸಂಪರ್ಕವಿರುವ ಪಾದರಸವಿರುತ್ತದೆ. P ಎಂಬ ಪಿಸ್ಟನ್ ಮುಖಾಂತರ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕೊಟ್ಟು, ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವನ್ನು T ಮತ್ತು M ನಲ್ಲಿ ಏರುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಪ್ರಯೋಗ ಕಾಲದಲ್ಲಿ T ಯನ್ನು ಆವರಿಸುವಂತೆ ಹೊರ ನೀರಿನ ಆವರಣವನ್ನು ವಿವಿಧ ನಿಯತ

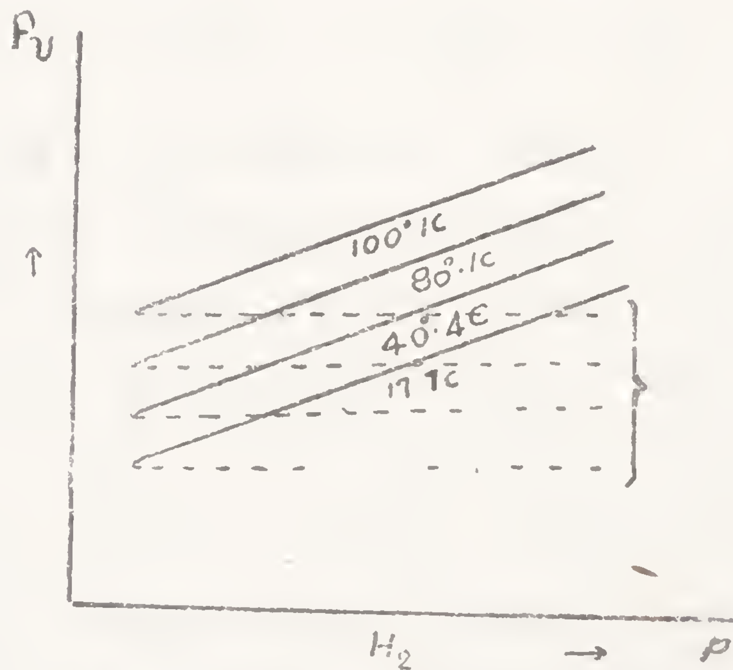


ಚಿತ್ರ 62
ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ವ್ಯತಿಕರಣ-
ರೆಯ್ನೋ ಉಪಕರಣ

ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಡಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ. ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು M ಮತ್ತು T ಯಲ್ಲಿ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವು ಒಂದೇ ಇದ್ದಾಗ, T ನಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು ವಾಯುವಿನ P_1 (atmospheric pressure) ಇರುತ್ತದೆ. ಪಾದರಸವನ್ನು ಪಂಪು ಮಾಡಿ, T ಯಲ್ಲಿರುವ ಮಟ್ಟವನ್ನು A ವರೆವಿಗೆ ಏರಿಸಿದರೆ ಒಳಗಿನ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವು ಅರ್ಧವಾಗಿದ್ದಾಗ, ಅದರ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆದು ನೋಡಬಹುದು. ಇದು P_2 ಆಗಿದ್ದರೆ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ $\frac{2P_1}{P_2}=1$ ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ, ಅದಕ್ಕೆ ವಿರೋಧವಾಗಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು ಹೀಗೆಯೇ, S ಬಿರಡೆಯನ್ನು ತೆರೆದು ಮತ್ತೆ ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಅನಿಲವನ್ನು ಪಂಪ್‌ಮಾಡಿ ಪಾದರಸದ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಮೊದಲಿದ್ದಂತೆಯೇ ನಿಲ್ಲಿಸಿ ಹೊಸ ಒತ್ತಡ (P_3) ವನ್ನೂ ಅಳೆಯುವುದು. S ಬಿರಡೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಿ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವನ್ನು $\frac{1}{2}$ಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿ, ಒತ್ತಡ (P_4) ವನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು. ಈಗಲು $\frac{2P_3}{P_4}=1$ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವು ಅನುಸರಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆಯೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, ರೆಯ್ನೊ ತನ್ನ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಈ ರೀತಿ ತಿಳಿಸಿದನು :-

(1) ಜನಜನಕವನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಗಾತ್ರ ಪೀಡನ (Compressibility) ಕಂಡುಬಂದಿತು. (2) ಈ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ (ಜಲಜನಕವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು) $pv-p$ ನಕ್ಷೆಗಳನ್ನು ಎಳೆದರೆ, ಒತ್ತಡ (p) ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ (pv) ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಯಿತು. [ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ pv ನಿಯತವಾಗಿರಬೇಕು].

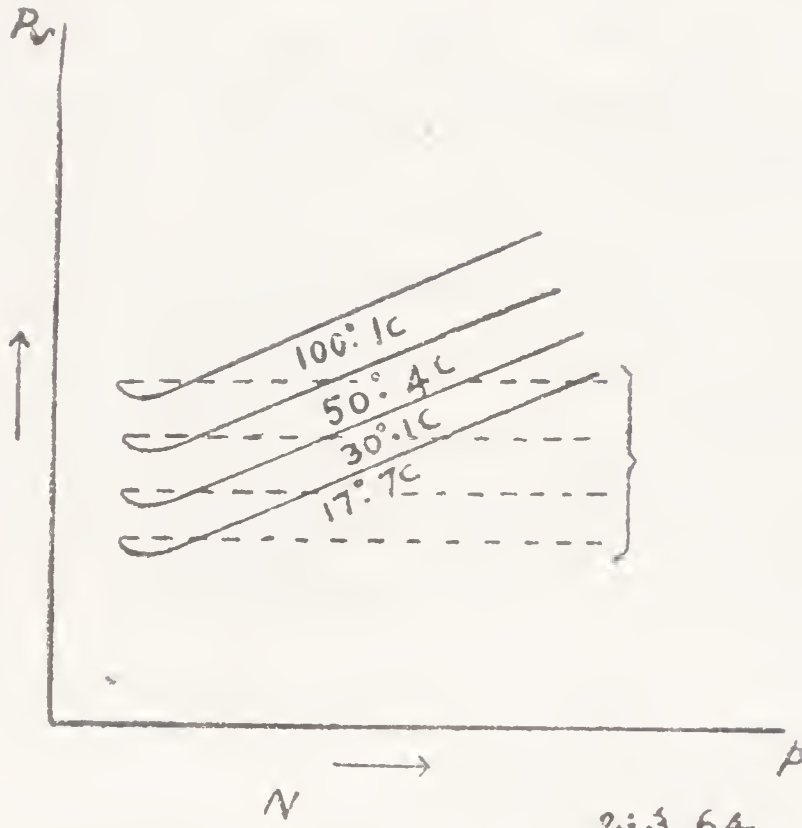
ಇದೇ ರೀತಿಯಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಬಹಳ ವಿಸ್ತರಿಸಿ, ಅಮಗ (Amagat) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ. ಶ. 1880ರಲ್ಲಿ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಂಶೋಧನೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿದನು. ನೂರಾರು ಅಡಿಗಳ ಉದ್ದದ ಕಬ್ಬಿಣದ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು (Steel tube) ಒಂದು ಗಣಿಯ ತಳ ದಲ್ಲಿಟ್ಟು, ಒತ್ತಡವನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಉಪಯೋಗವಾಗುವಂತೆ ಅದಕ್ಕೂ ಇನ್ನೊಂದು ಗಟ್ಟಿ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಗೂ ಪಾದರಸದ ಮೂಲಕ ಸಂಪರ್ಕ ವಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದನು. ಈ ವಿಶೇಷಸಾಧನಗಳಿಂದ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಸುಮಾರು 3000 ವಾಯುಮಾನಗಳವರೆವಿಗೂ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಹೆಚ್ಚಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದ್ದಿತು. ಅಮಗ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಸಾರಜನಕವನ್ನೇ ಹೋಲಿಕೆಗೆ ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು ಮಿಕ್ಕ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ



ಅಮಗಾ (Amagat) ರೇಖೆಗಳು ಚಿತ್ರ 63.

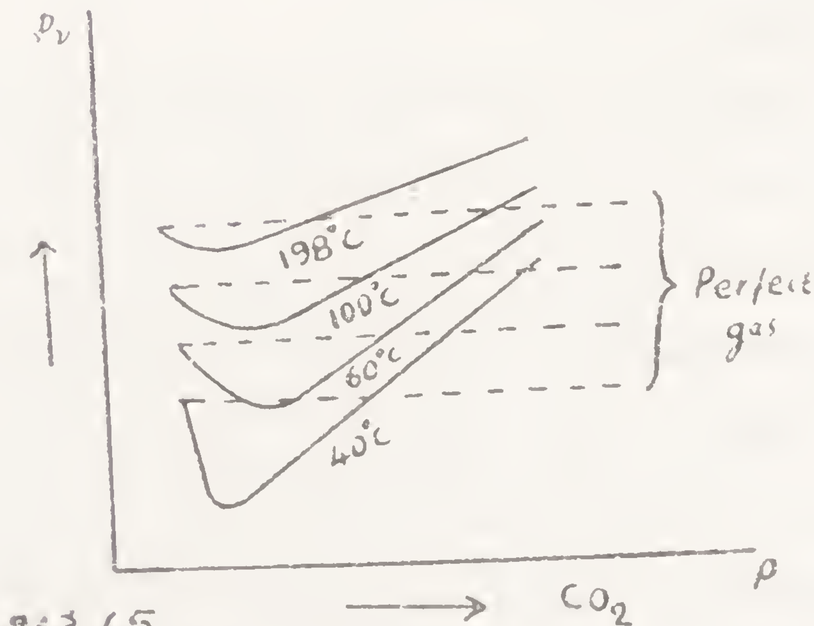
ಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅವುಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು pv—p ನಕ್ಷೆಗಳ ಮೂಲಕ ತೋರಿಸಿ ಕೊಟ್ಟಿದ್ದಾನೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ವ್ಯಾಪ್ತಿ ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದುದರಿಂದ ಅವುಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ವಿಶದಪಡಿಸುವುದು ಅವಶ್ಯಕ.

ಚಿತ್ರ 63, 64, 65 ಗಳು ಅಮುಗ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸುತ್ತವೆ. (i) ಜಲಜನಕವು ಒಂದ ಗುಂಪಿನ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಸೇರುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 64

ಅಮಗಾ ರೇಖೆಗಳು – ಸಾರಜನಕ



ಚಿತ್ರ 65

Amagats Curves – CO_2

P ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ P V ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಸುಮಾರು 80°C ಉಷ್ಣಾಂಶದವರೆಗೆ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿಗೂ ಈ ವರ್ತನೆಯು ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. (ii) ಎರಡನೆಯ ಗುಂಪಿಗೆ ಗಾಳಿ, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ, (air, O, N, CO_2) ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ ಮೊದಲಾದ ಅನಿಲಗಳು ಸೇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಮೊದಲು pv ಕಡಿಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗಿ, ನಂತರ p ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ, ವೃದ್ಧಿಹೊಂದುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿಯೂ, CO_2 ಅನಿಲದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ pv ಯ ಪ್ರಮಾಣದ ಇಳಿತವು ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. (iv) ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ, ಒತ್ತಡವು ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾದಾಗ, PV–P ರೇಖೆಗಳು ಸಮಾನಾಂತರ ಸರಳ ರೇಖೆಗಳಂತೆ ಕಾಣುತ್ತವೆ.

ಜಲಜನಕದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸುಮಾರು–175°C ವರೆವಿಗೆ ಇಳಿಸಿ, ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದರೆ ಅದರ ವರ್ತನೆಯೂ ಕೂಡ ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಹೋಲುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ, PV–P ರೇಖೆಯು ಮೊದಲು ಅಧೋಮುಖವಾಗಿದ್ದು, ನಂತರ ಊರ್ಧ್ವಮುಖವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ, ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬರುವ ಅಂಶಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತವೆ.

(i) ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ, ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳು ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

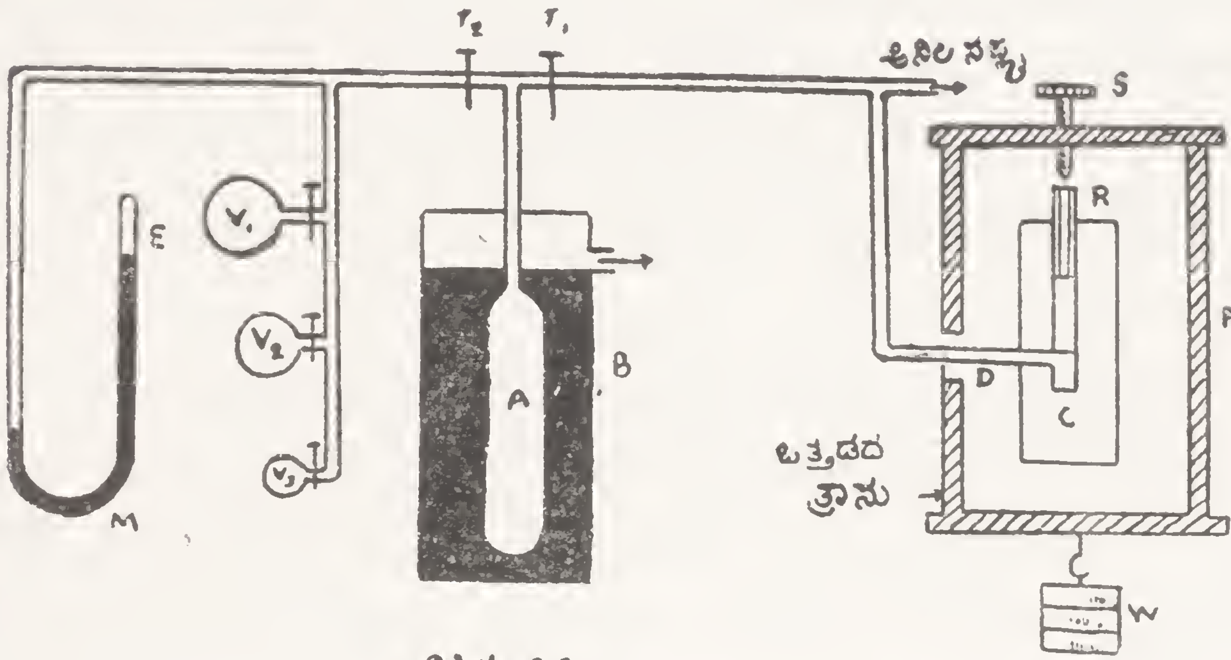
(ii) ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಅತಿಕ್ರಮ ವರ್ತನೆಯು (Deviation) ಸುಲಭವಾಗಿ ದ್ರವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುವ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳಿಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತದೆ.

(iii) ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ವೈಯಕ್ತಿಕವಾಗಿರುವಂತೆ ಎಲ್ಲ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಅತಿಕ್ರಮ ವರ್ತನೆಯು ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದೇ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ.

ಅಮಗ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ,ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ, ಕಂಡು ಬಂದ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿರಲಿಲ್ಲ. ಈ ಕುಂದನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು, ಕ್ರಿ. ಶ. 1915ರಲ್ಲಿ ಹಾಲ್ ಬಾರ್ನ್ (Holborn) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಒಂದು ಹೊಸ ಉಪಕರಣವನ್ನು ನಿರ್ಮಿಸಿದನು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳು ಎರಡು. (a) ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ

ಒತ್ತಡಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಹಾಯವಾಗುವ ಬಹಳ ಚಮತ್ಕಾರವಾದ ಒತ್ತಡ ತ್ರಾಸು. (Ingenious pressure balance) (b) ಗೊತ್ತಾದ ಗಾತ್ರಗಳುಳ್ಳ ವಿವಿಧ ಪಾತ್ರೆಗಳೊಳಗೆ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿ, ಒಂದು ವಾಯುಮಾನದ ಒತ್ತಡವಿರುವಾಗ ಅನಿಲದ ತೂಕವನ್ನು (Mass) ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ವಿಶೇಷಸಾಧನ.

ಈ ಸಾಧನವನ್ನು ಚಿತ್ರ 66ರಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಿದೆ. ಚಿತ್ರದ ಬಲಗಡೆ ತೋರಿಸಿರು-



ಚಿತ್ರ 66
Holborn's Apparatus (ಹಾಲ್ ಬಾರ್ನ್ ಉಪಕರಣ)

ವುದೇ ಒತ್ತಡ ತ್ರಾಸು. ಬಿಗಿಯಾಗಿ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟ C ಎಂಬ ಒಂದು ಲೋಹದ ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಮಧ್ಯರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ R ಎಂಬ ಲೋಹದ ಪಿಸ್ಟನ್ (Piston) ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಕೆಳಗಡೆ ಒಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ D ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ, ಪ್ರಯೋಗ ಅನಿಲದ ಸಂಪರ್ಕವು ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. ಪಿಸ್ಟನ್ ಕೆಳಗಡೆ ಇರುವ ತೈಲದ್ರವದ (Oil) ಮೂಲಕ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವನ್ನು ಕೊಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಎಣ್ಣೆಯಿಂದ ಪಿಸ್ಟನ್ ಸುಲಭವಾಗಿ ಚಲಿಸಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. R (ಪಿಸ್ಟನ್) ನ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ತಿರುಪು (Screw) S ಇರುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡದಿಂದ R (ಪಿಸ್ಟನ್) ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏಳುವ ಸಂಭವವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಲು ತಿರುಪು ಮೇಲಿಂದ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಒತ್ತುತ್ತದೆ. F ಎಂಬ ಚೌಕಟ್ಟು ಮತ್ತು ಅದರಿಂದ ತೂಗಿಸಿರುವ

W ಎಂಬ ತೂಕದ ಒಟ್ಟು ಒತ್ತಡವನ್ನು S ಮೂಲಕ R (ಪಿಸ್ಟನ್)ಗೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಅನಿಲನ ಒತ್ತಡ (p)ಯನ್ನು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ತೂಕವನ್ನು ಸರಿಮಾಡುವುದರಿಂದ ಸಮ ತೂಗಿಸಬೇಕು. R, S, F ಮತ್ತು Wಗಳ ಒಟ್ಟು ತೂಕ M ಆಗಿದ್ದರೆ, ತ್ರಾಸನ್ನು ಸಮ ತೂಗಿಸಿದಾಗ. 'p' ಎಂಬ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು $P=\frac{mg}{a}$ ಇರಬೇಕು. ಇಲ್ಲಿ a ಎಂಬುದು ತ್ರಾಸಿನ ಫಲಿತ ಅಡ್ಡ ಕ್ಷೇತ್ರಫಲ (Effective cross-section)-ಇದನ್ನು ಬೇರೆ ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕದಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ಈ ಉಪಕರಣವು ಎಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದದ್ದು ಎಂದರೆ, 1 mm ಪಾದರಸದಷ್ಟು ವಾಯುಮಾನದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ (0.001 Atmosphere) ವನ್ನೂ ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಿದೆ.

A ಎಂಬುದು ಒಂದು ದಪ್ಪ ಗಾಜಿನ ಸಿಲಿಂಡರ್. ಇದರೊಳಗೆ ಪ್ರಯೋಗ ಅನಿಲ ತುಂಬಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಪಾದರಸದಿಂದ ತುಂಬಲ್ಪಟ್ಟ ಸ್ಟೀಲ್ ಸಿಲಿಂಡರ್ (B) ನಲ್ಲಿ ಆವರಿಸಿರುತ್ತೆ. ಈ ಪಾದರಸದ ಒತ್ತಡವೂ, A ಯೊಳಗೆ ಇರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವೂ ಒಂದೇ ಸಮವಾಗಿರುವಂತೆ ಮಾಡಿದೆ. A ಮತ್ತು B ಇವೆರಡನ್ನೂ ಮತ್ತೊಂದು ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿಟ್ಟು ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸಿ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಪ್ರಮಾಣಗಳಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಲು ಅವಕಾಶವಾಗುತ್ತದೆ. T_1 ಮತ್ತು T_2 ಎಂಬ ಎರಡು ಬಿರಡೆ (Stop-cocks)ಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ A ನಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಬಲಗಡೆ ಇರುವ ತ್ರಾಸಿನೊಂದಿಗಾಗಲಿ, ಎಡಗಡೆ ಇರುವ ಸಾಧನಕ್ಕಾಗಲಿ, ಸಂಪರ್ಕಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಎಡಗಡೆಯ ಸಾಧನದಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಗಾತ್ರ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ V_1, V_2, V_3..... ಮುಂತಾದ 12 ಪಾತ್ರೆಗಳಿರುತ್ತವೆ. ಈ ಒಂದೊಂದು ಪಾತ್ರೆಗೂ ಒಂದೊಂದು ಟ್ಯಾಪ್ (Tap) ಇರುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನೂ ಒಂದು ಹೊರ ನೀರಿನ ಉಷ್ಮಕ (Water Bath) ದಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಪಾತ್ರೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕವಿರುವ M ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪಾದರಸದ ಒತ್ತಡ ಮಾಪಕ-ಇದರ ಮೇಲ್ಭಾಗ (E) ವನ್ನು ಪಾತಶೂನ್ಯವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ ಮುಚ್ಚಿರುತ್ತದೆ.

ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡುವ ವಿಧಾನ

ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಉಪಕರಣದ ಒಳಭಾಗವನ್ನೆಲ್ಲಾ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅನಿಲ ಶೂನ್ಯವನ್ನಾಗಿ ಮಾಡಿ, T_2 ಬಿರಡೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಬೇಕು. T_1 ಬಿರಡೆಯನ್ನು ತೆರೆದು ಪ್ರಯೋಗದ ಅನಿಲವನ್ನು ಅದರ ಮೂಲಕ ಪಂಪ್ ಮಾಡಬೇಕು. ಕೊನೆಗೆ ನಿಂತಾಗ ಇದರ ಒತ್ತಡವನ್ನು ಬಲಭಾಗದ ತ್ರಾಸಿನಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. ತರುವಾಯ T_1 ಮುಚ್ಚಿ, T_2 ವನ್ನು ತೆರೆದು ಅನಿಲವು ಎಡಭಾಗದ ಪಾತ್ರೆಗಳೊಳಗೆ V_1, V_2,....ವಿಕಾಸವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವಾಗ ಅದರಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡವು ಒಂದು ವಾಯುಮಾನದಷ್ಟು ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಒತ್ತಡವನ್ನು M ನಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು. A ಮತ್ತು ಅದರೊಂದಿಗೆ ಬಂಧಿಸಿರುವ ಸಂಪರ್ಕ ನಾಳಿಕೆಗಳ (T_1 T_2)ವರೆಗೆ ಗಾತ್ರಗಳು ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅದರಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಅದನ್ನು ಆವರಿಸುವ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈಗ ಅದರ ತೂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಎರಡನೇ ಉಪಕರಣ (V_1, V_2....) ದೊಳಗೆ ಎಡಗಡೆ ನಾಳಿಕೆಗಳ ಮೂಲಕ ಅನಿಲವು ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ ಎಲ್ಲ ನಾಳಿಕೆಗಳು, V_1, V_2,.... ಮೊದಲಾದ ಪಾತ್ರೆಗಳು ಇವುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳೆಲ್ಲ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಅನಿಲದ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರ, M ನಿಂದ ಅಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು V_1....ಮೊದಲಾದ ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ–ಇವುಗಳೆಲ್ಲ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳಿಂದ N.T.Pಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಿದರೆ ಬರುವ ಅನಿಲದ ಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. N.T.Pಯಲ್ಲಿ ಗಾತ್ರ ಗೊತ್ತಾದ ಮೇಲೆ, ಅದರ ತೂಕವನ್ನು ಸುಲಭವಾಗಿ ಗುಣಿಸಬಹುದು.

ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಎಡಗಡೆ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟು T_2 ಬಿರಡೆಯನ್ನು ಮುಚ್ಚಿ, ಮತ್ತೆ ಬಲಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವನ್ನು ಬೇರೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಪಂಪು ಮಾಡಿ ತಿರುಗಿ ಎಲ್ಲ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೂ ಕ್ರಮವಾಗಿ ಮಾಡಬೇಕು.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಎಲ್ಲ ಕ್ರಮಗಳನ್ನೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದರೆ, ತಿಳಿದು ಬಂದ ಅಂಕಿ ಅಂಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಲು ಸಹಾಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಹಾಲ್‌ಬಾರ್ನ್ ಮತ್ತು ಆಟೋ (Holborn), and Otto) ಮತ್ತು ಕಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನ್ಸ್ (Kammer-lingh Onnes) ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಹಲವಾರು ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಬಹಳ ವ್ಯಾಪಕವಾದ ಒತ್ತಡ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಮಾಡಿರುತ್ತಾರೆ. 100 ವಾಯುಮಾನಗಳವರೆವಿಗೂ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು -183° c ರಿಂದ $+400^\circ$ c ವರೆವಿಗೂ ವಿವಿಧ ಮಟ್ಟಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಳು ನಡೆದಿವೆ.

ಈ ಸರ್ವತೋಮುಖವಾದ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು ಕ್ರೋಢೀಕರಿಸಿ, ಈ ಕೆಳಗಿನ ನಿಯಮವು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು.

$$pv = A + Bp + Cp^2 + Dp^3 +$$

A, B, C ನಿಯತಾಂಕಗಳು. ಇವುಗಳು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳನ್ನು **ವಿರಿಯಲ್ ಗುಣಾಂಕ** (Virial Coefficients) ಗಳೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. $A \geqslant B \geqslant C$

A ಎಂಬುದು ಪೂರ್ಣ ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ R T ಗೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(1) ಒತ್ತಡವು ಬಹಳ ಕಡಿಮೆಯಿದ್ದಾಗ ($p \longrightarrow 0$) ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳೂ ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತವೆ.

(2) ಸುಮಾರಾದ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮವು ಪೂರ್ಣವಾಗಿ ಅನುಸರಿಸಲ್ಪಡದಿದ್ದರೂ, ಅದರ ಅತಿಕ್ರಮವರ್ತನೆಯು ಅಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಈ ಸಣ್ಣ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಅಷ್ಟು ತೃಪ್ತಿಕರವಾಗಿಲ್ಲ.

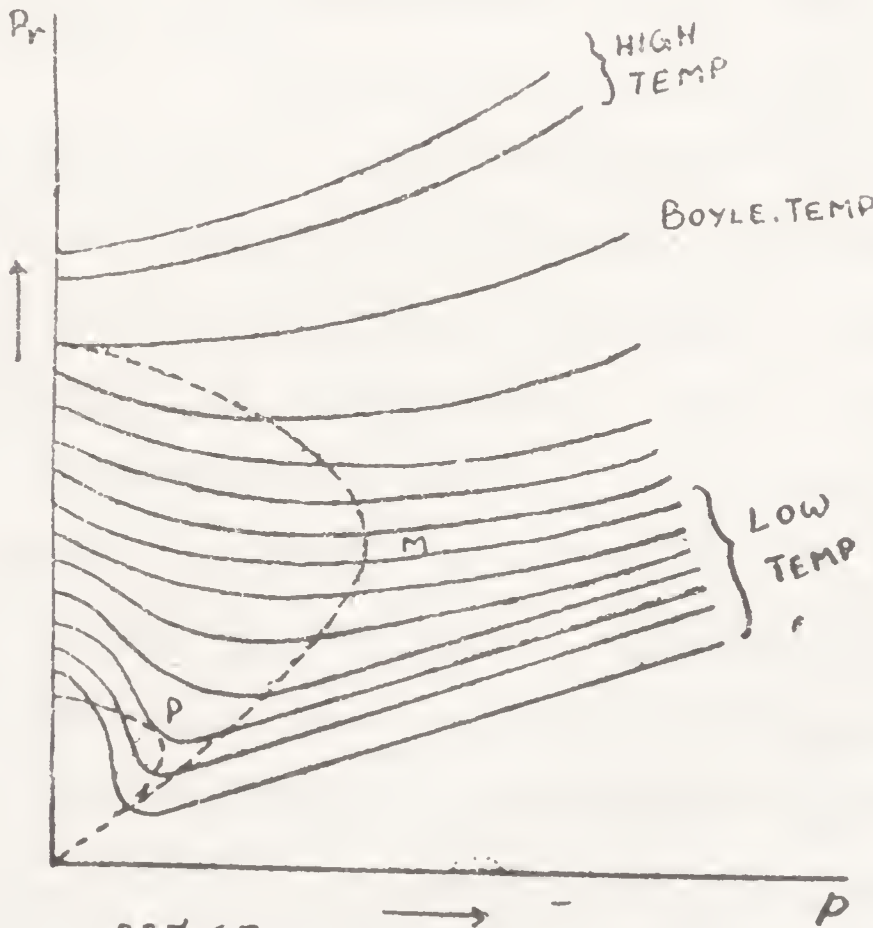
(3) ಒತ್ತಡವು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ, B, C, ಮೊದಲಾದ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ B ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದುದು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ. ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯ

ದಲ್ಲಿಯು ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ B ಋಣ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿದ್ದು (negative) ಕ್ರಮೇಣ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ, ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚಿ. ಒಂದು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ B=O ಆಗಿ, ನಂತರ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಅದರ ಧನ ಪ್ರಮಾಣವು (Positive) ಏರುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಯಾವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ B=O ಆಗಿರುತ್ತದೆಯೋ ಅದನ್ನು ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು (Boyle Temperature) ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ಎಲ್ಲ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶ (T_b) ವು ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ (T_c) ದ ಮೂರರಷ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವು ಒಂದೊಂದು ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\frac{d}{dp}\left(pv \right) = B = O$$

ಇದು T_b ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ.



ಚಿತ್ರ 67

Pv → P ನಕ್ಷೆಗಳು – CO_2

Co_2 ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಂತೆ pv–p ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪ ವನ್ನು ಚಿತ್ರ 67 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.

ಈ ಚಿತ್ರದಿಂದ ಕಾಣಬರುವ ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಅಂಶಗಳಿವು :-

(i) $30^{\circ}c$ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿರುವ ಸಮ ಉಷ್ಣಾಂಶರೇಖೆಗಳು ತಮ್ಮ ಒಂದು ಭಾಗವನ್ನು pv ಅಕ್ಷಕ್ಕೆ ಸಮಾನಾಂತರವಾಗಿ ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಅಂದರೆ, ಒತ್ತಡ ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದು ಗಾತ್ರ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ದ್ರವೀಕರಣವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. P ಎಂಬುದು ಪರ್ವ ಬಿಂದು (Critical point) ವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

(ii) ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರಿದಂತೆಲ್ಲ, ಸಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಗಳ (isothermals) ವಕ್ರತೆಯು (Curvature) ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ರೇಖೆಗಳ ಅಧೋ ಬಿಂದು (minima) ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅವುಗಳ ಮೂಲಕ ಒಂದು ರೇಖೆ ಎಳೆದರೆ, ಅದು ಪೆರಾಬಲಾ (Para bola) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಇನ್ನೂ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ರೇಖೆಗಳು ಸುಮಾರಾಗಿ ಸರಳ ರೇಖೆಗಳಂತೆ ಇರುತ್ತವೆ. ಇವುಗಳ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು $pv=\beta p+\alpha$ ಅಥವಾ

$p(v-\beta)=\alpha$. ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.

(iv) ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಮೊದಲು, p ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆ, pv ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ B ಗುಣಾಂಕ (—) ಋಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ. ನಂತರ ವೃದ್ಧಿ ಹೊಂದುತ್ತದೆ ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ B ಗುಣಾಂಕವು + ಆಗಿದ್ದು, pv ಹೆಚ್ಚುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಈ ವರ್ತನೆಯು ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಅತಿಕ್ರಮವರ್ತನೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸಿದರೆ ನಮಗೆ ತಿಳಿದುಬರುವ ಅಂಶ ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ :— ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಬಹಳ ದೂರವಾಗಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ, ಶಾಶ್ವತವೆಂದು ಗಣಿಸಲಾದ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ, ದ್ರವೀಕರಿಸಲ್ಪಡುವ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಯಾವ ಮುಖ್ಯ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ, ಆ ಅನಿಲಗಳ ಸ್ಥಿತಿಗಳು ಸಂಗತ ಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲಿ

(Corresponding States) ರುತ್ತವೆಯೆಂದು ತಿಳಿದುಬರುತ್ತದೆ.

ಈ ಅಂಶಗಳನ್ನೆಲ್ಲ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡಿದರೆ, ನಮಗೆ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ವಿಷಯಗಳು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ.

(i) ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕೆಳಗೆ, ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿ ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳು ಪೀಡನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವನ್ನು (Compressibility) ಹೊಂದಿರಬೇಕಾದರೆ, ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳು (inter molecular attractions) ಇರಬೇಕು ಎಂದು ಊಹಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) ಒತ್ತಡ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ pv ಯ ಪ್ರಮಾಣ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಸಮರ್ಥಿಸಬೇಕಾದರೆ, ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ಅಣುಗಳಿಗೆ ಗಣನೀಯ ಗಾತ್ರ (finite size) ಇದೆ ಎಂದು ತಿಳಿಯಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಯಾವಾಗಲೂ pv ಕಡಮೆಯಾಗದೆ ಇರುವುದನ್ನು ನೋಡಿದರೆ ಅಣುಗಳ ನಿಯತ ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಭಾವವೇ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳ ಪ್ರಭಾವಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರಬಹುದೆಂದು ತರ್ಕಿಸಬಹುದು.

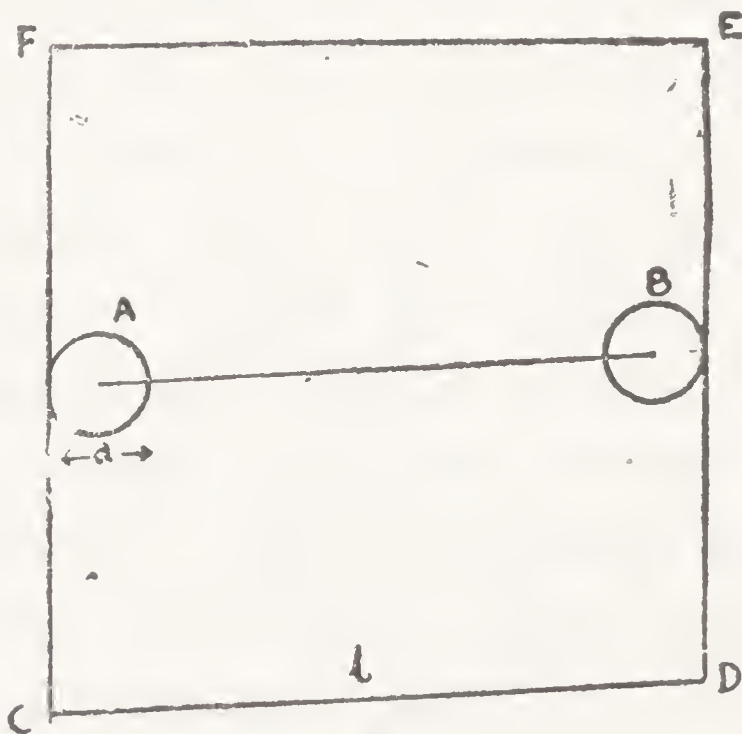
ಈ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳನ್ನೂ ಗಮನದಲ್ಲಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಅನಿಲದ ಮೂಲ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆಯುತ್ತಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದುದು ವ್ಯಾಂಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Vander-waals) ಸಮೀಕರಣ. ಇದು ಕ್ರಿ. ಶ. 1879ರಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಆ ವಿಜ್ಞಾನಿಯ ವಾದದ ಸರಣಿಯು ಗತಿ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ (Kinetic Theory) ಮಾಡಲಾಗಿರುವ ಎರಡು ಮೂಲಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಹಿನ್ನೆಲೆಯಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿತು. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ ಮೊದಲನೇ ಮೂಲಕಲ್ಪನೆಯು ಅಣುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಅಣುಗಳು (molecules) ಬಿಂದುಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದಾಗಿಯೂ, ಅವುಗಳ ಗಾತ್ರಗಳು ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲವೆಂದೂ ನಾವು ಭಾವಿಸಿದ್ದೆವು. ಎರಡನೆಯದಾಗಿ, ಅಣುಗಳಿಗೆ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳು ಇಲ್ಲವೆಂದೇ ಕಲ್ಪನೆ ಮಾಡಿದೆವು. ಈ ಎರಡು ಕಲ್ಪನೆಗಳನ್ನೂ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಪೂರ್ಣ ಅನಿಲದ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು

ಸಾಧಿಸಿದೆವು. ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳು, ವಿವಿಧ ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವರ್ತಿಸುತ್ತವೆಯೆಂದು ಪರಿಶೀಲಿಸಿದ್ದೇವೆ.

ಚಲನಸಿದ್ಧಾಂತ (Kinetic Theory) ದಲ್ಲಿ ಮಾಡಿದ ಮೂಲ ಕಲ್ಪನೆಗಳ ಆಧಾರದಮೇಲೆ ನಾವು ಈಗಾಗಲೇ ಆದರ್ಶ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸಿದ್ದೇವೆ. ಇದು $pv=RT$ ರೂಪದಲ್ಲಿದ್ದಿತು. ಈಗ ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಮಾಡಿದ ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನು (Corrections) ಸೇರಿಸಿದರೆ, ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವು ಯಾವ ರೂಪವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆಂಬುದನ್ನು ನೋಡಬೇಕು.

(1) ಅನಿಲದ ಅಣುಗಳ ನಿಯತ ಗಾತ್ರದ ಗಣನೆ.

'V' ಗಾತ್ರವನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ CDEF ಆವರಣದೊಳಗೆ, ಅಣುಗಳು ಸಮಾನಾಂತರ ಗೋಡೆಗಳಾದ CF ಮತ್ತು ED ಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೂ ಮುಂದಕ್ಕೂ ಚಲಿಸುತ್ತ ಅವುಗಳ ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡುವುದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒತ್ತಡದ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆಂದು ಹೇಳಿದ್ದೇವೆ. ಈಗ, ಅಣುಗಳು ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತ್ರಿಜ್ಯವುಳ್ಳ ಗಟ್ಟಿಯಾದ ಗೋಳಾಕೃತಿಯುಳ್ಳ



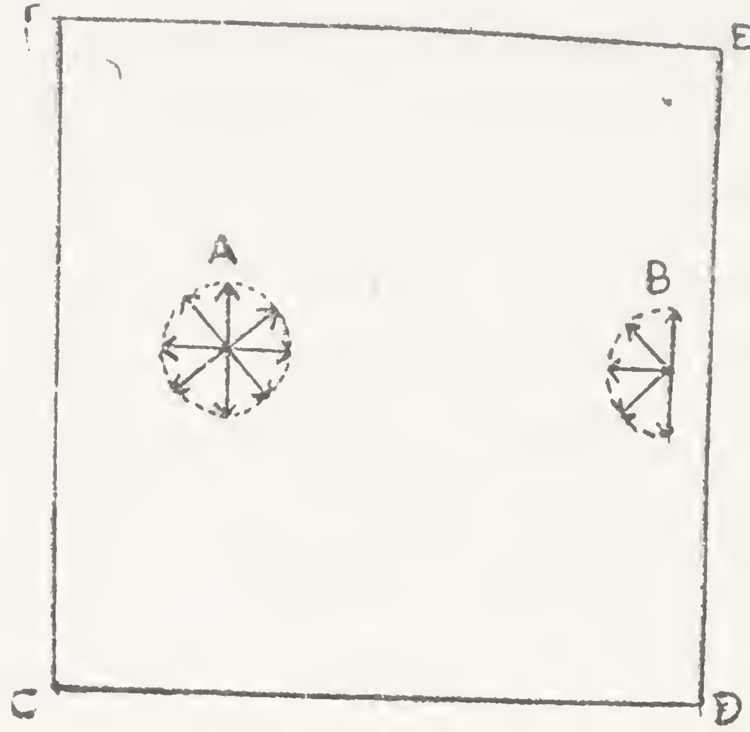
ಚಿತ್ರ 68

Van-der-Waal ಸಮೀಕರಣ ನಿಯತಗೆ

ವಸ್ತುಗಳೆಂದು ಎಣಿಸಿದರೆ, ಒಂದು ಅಣುವು CF ನಿಂದ ಹೊರಟು, ED ಹತ್ತಿರ ಹೋಗಿ, ಮತ್ತೆ EF ಗೆ ಬರುವ ಅಂತರದಲ್ಲಿ, ಅದು ನಿಜವಾಗಿಯೂ ಚಲಿಸಿರುವ ದೂರ 2 *l* ಆಗಿರದೆ (2 *l*-d) ಇರುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ 'd' ಎಂಬುದು ಅಣುವಿನ ವ್ಯಾಸ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 68 ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. ಹೀಗೆ ಒಂದೊಂದು ಅಣುವೂ ಚಲಿಸುತ್ತಿರುವಾಗ ಅವುಗಳಿಗೆ ಆ ಚಲನೆಗೆ ಸಿಕ್ಕುವ ಗಾತ್ರದ ಅವಕಾಶವು '*v*' ಆಗಿರದೆ, (*v*-b) ಇರಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಅಣುಗಳ ಒಟ್ಟು ಗಾತ್ರದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು 'b' ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈಗ, ಒತ್ತಡ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ 'v' ಕಡಮೆಯಾಗಿ, (v–b) ಕಡಮೆಯಾಗ ಬೇಕು. ಮತ್ತು 'b' ಯ ಪ್ರಮಾಣವು, v ಜೊತೆಯಲ್ಲಿ ಹೋಲಿಸಿದರೆ, ಗಣನೀಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅತಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಗಳಲ್ಲಂತೂ ಅದನ್ನು ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳದಿದ್ದರೆ, ತಪ್ಪೇ ಆಗುವುದು. ಅಂದ ಮೇಲೆ ನಮ್ಮ ಸಮೀಕರಣ ದಲ್ಲಿ v ಗೆ ಬದಲಾಗಿ (v–b) ಇರಬೇಕು.

(2) ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳ ಪರಿಣಾಮ

ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಇರಬಹುದಾದ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಬಲಗಳ ಸ್ವರೂಪವು, ದ್ರವದ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಮೇಲ್ಮೈ ಬಲ (Surface Tension) ವಾಗಿ ತೋರಿಬರುವ ಬಲದ ಸ್ವರೂಪದಂತೆ ಇರುವುದಾಗಿ ಊಹಿಸಬಹುದು. ಈ ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ದೂರ ಕಡಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳೂ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ಕ್ರಮದ ಪ್ರಕಾರ ವೃದ್ಧಿಯಾಗುತ್ತವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಚಲನ ಸಿದ್ಧಾಂತದಲ್ಲಿ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿರುವಂತೆ ಒಂದೊಂದು ಅಣುವಿನ ಸುತ್ತಲೂ ಒಂದೊಂದು ಪ್ರಭಾವದ ಗೋಳ (Sphere of influence) ಇದೆಯೆಂದು ಊಹಿಸಿ, ಅದರ ಹೊರಗಡೆ ಇರುವ ಅಣುಗಳ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲ ಗಳ ಪ್ರಮಾಣವು ಗಣನಾರ್ಹವಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಪರಿಶೀಲಿಸಿದರೆ, ಚಿತ್ರ 69ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ, ಅನಿಲದ ಆಂತರ್ಯ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ A ಅಣುವಿಗೂ, DE ಗೋಡೆಗೆ ಬಹಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿರುವ B ಅಣುವಿಗೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ವ್ಯಕ್ತವಾಗುತ್ತದೆ. A ಅಣುವು ಎಲ್ಲ ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎಲ್ಲ ಅಣುಗಳಿಂದಲೂ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳಿಗೆ ಒಳಗಾಗಿರು



ಚಿತ್ರ 69
Van-der-Waals ಸಮೀಕರಣದ ನಿಯಮ

ವುದರಿಂದ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಈ ಬಲಗಳ ಒಂದು ಸಮಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. B ಅಣುವಿಗೆ ಈ ಸಮಸ್ಥಿತಿ ಯಿರುವುದಿಲ್ಲ. ಎಡಗಡೆ ಇರುವ ಅಣುಗಳ ಆಕರ್ಷಣೆಯ ಬಲದಿಂದಲೂ, ಇದನ್ನು ಸಮತೂಗಿಸಲು ಬಲಗಡೆ ಯಾವ ಅಣುಗಳೂ ಇಲ್ಲದಿರುವುದರಿಂದ, ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ B ಅಣುವಿನ ಮೇಲೆ, ಅನಿಲದ ಒಳಭಾಗಕ್ಕೆ ಎಳೆಯುವ ಬಲ ಪ್ರಯೋಗವಿರುತ್ತದೆ. ಅತಿ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ DE ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆ ಮಾಡುವ ಅಣುಗಳ ಮೇಲೆಲ್ಲ ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಅನಿಲದ ಒಳಗಡೆಗೆ ಎಳೆಯುವ ಬಲವು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ, ಅಣುಗಳ DE ಯ ಮೇಲೆ ಘರ್ಷಣೆಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ಚಲನ ಪರಿಮಾಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸದ ಪ್ರಮಾಣವು ಸ್ವಲ್ಪಮಟ್ಟಿಗೆ ಕಡಮೆಯಾಗುವ ಸಂಭವವಿದೆ. ಅಂದರೆ, ಆಂತರ್ಯ ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಅಣುಗಳನ್ನು ಆಕರ್ಷಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಬಲವು ಇಲ್ಲದಿದ್ದಲ್ಲಿ DE ಮೇಲೆ ಪ್ರಯೋಗವಾಗುವ ಒತ್ತಡವು ಹೆಚ್ಚಾಗುತ್ತಿತ್ತು. ವಾಸ್ತವ ಒತ್ತಡವು 'p' ಆಗಿದ್ದರೆ, ನಿಜವಾದ ಒತ್ತಡವು $(p+p^1)$ ಇದ್ದಿರಬೇಕು. ಇಲ್ಲ p' ಎಂಬುದು p ಗೆ ಸೇರಿಸಬೇಕಾದ ತಿದ್ದುಪಡಿ. ಅದರ ಪ್ರಮಾಣವು, D E ಗೋಡೆಯ I Sqcm ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ 1 sec ನಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಯಾಗುತ್ತದೆಯೋ ಆ ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಮತ್ತು ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಎಳೆಯಲು ಪ್ರಯತ್ನಿಸುವ 1 c-c. ಗಾತ್ರದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಅಣುಗಳ

ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನೂ ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎರಡು ಸಂಖ್ಯೆಗಳೂ ಅನಿಲದ ಸಾಂಧ್ರತೆ (p)ಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$p^1 \propto p^2$$

$$\text{i. e, } p^1 \propto \frac{1}{v^2}$$

ಅಂದರೆ $p^1 = \dfrac{a}{v^2}$ (a = ನಿಯತಾಂಕ).

ಈ ಎರಡು ತಿದ್ದುಪಡಿಗಳನ್ನೂ ಮಾಡಿದ ನಂತರ ನಮಗೆ ಬರುವ ಸಮೀಕರಣವು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

$$\left(p+\frac{a}{v^2}\right)\left(v-b\right)=R\,T.$$

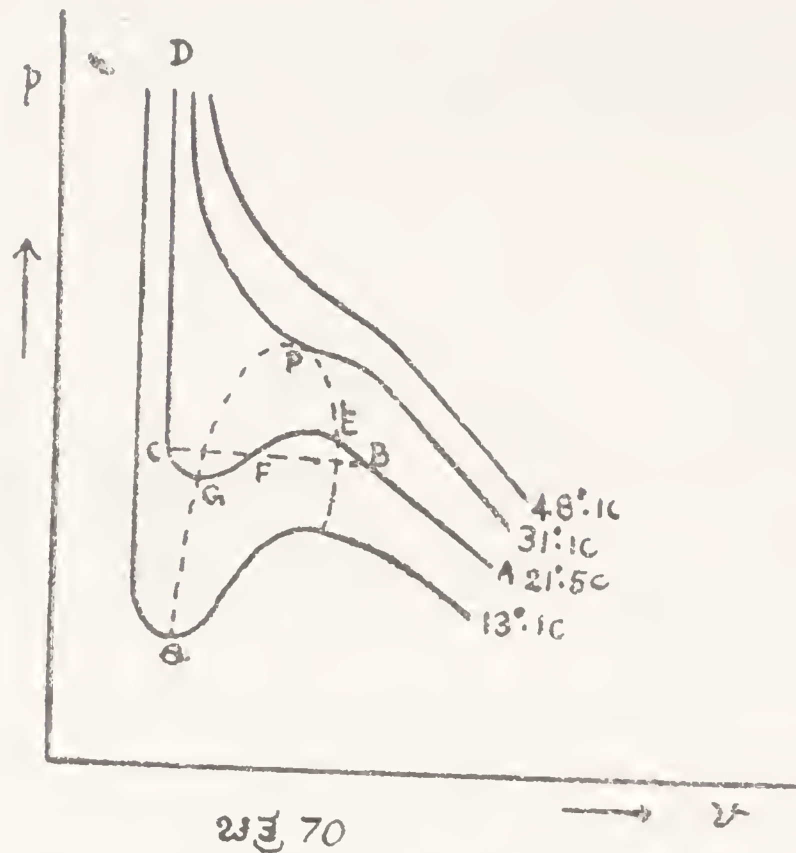
ಇದೇ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣ ಇಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ a ಮತ್ತು b ಎಂಬುವು ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ನಿಯತಾಂಕಗಳು ಎಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು. a ನಿಯಂತಾಂಕವನ್ನು ವಾಯುಮಾನದಲ್ಲಿಯೂ (Atmospheres), bಯನ್ನು c. c.ಯಲ್ಲಿಯೂ ಇಡುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಇವುಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಸಂಬಂಧ

ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿದರೆ

$$p=\frac{RT}{v-b}-\frac{a}{v^2}$$ ಆಗುತ್ತದೆ

ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ a ಮತ್ತು b ಮತ್ತು R ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, CO_2 ಅನಿಲಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ p ಮತ್ತು 'v' ಗಳ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ಚಿತ್ರ 70ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ರೇಖೆ (Graph) ಯ ಮೂಲಕ ಎಳೆಯಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 70

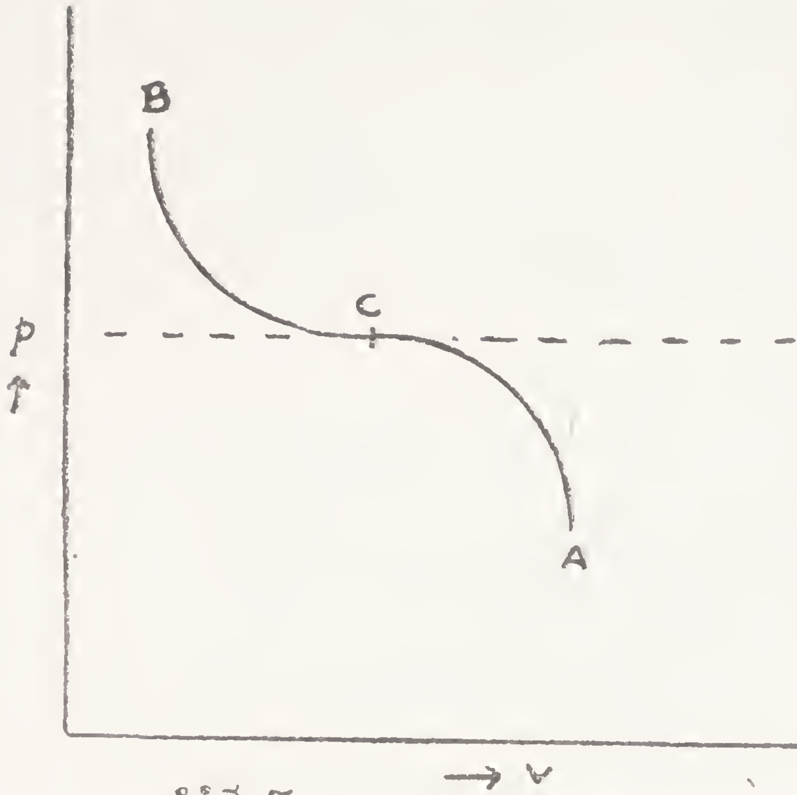
Von-der-Waals ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಅನುಸಾರವಾಗಿ CO_2 ಕೆ ಚಿತ್ರ

ಇದರ ಪ್ರಕಾರ 'V' ಯ ಪ್ರಮಾಣ ಕಡಮೆಯಾದಂತೆಲ್ಲ $p \rightarrow \alpha$ ಮತ್ತು $p \rightarrow O$ ಆದರೂ $V \rightarrow \infty$ ಆಗಬೇಕು. ನಡುವಿನ ಸಮತಲ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಈ ವಕ್ರ ರೇಖೆಗಳು ಆಂಡ್ರೂಸ್ ರೇಖೆಗಳಂತೆಯೇ ಇವೆ. ಇವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ (ಜೇಮ್ಸ್ ಥಾಂಸನ್) James Thomson ಕೊಟ್ಟಿರುವ ವಿವರಣೆಯ ಪ್ರಕಾರ ಒಂದು ರೀತಿಯ ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಮಾಡಬಹುದು.

ಈಗ, ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣದ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಒಂದು ಸಮರ್ಥನೆಯನ್ನು ಕೊಟ್ಟರೆ, ಪರ್ವ ನಿಯತಾಂಕಗಳ (Critical constants) ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬಹುದು.

ಚಿತ್ರ 71ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ACB ಉಷ್ಣಾಂಶ ರೇಖೆಯು T_c-ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟಿರಲಿ. A ನಿಂದ B ಗೆ ಹೋಗುವಾಗ C ಎಂಬ ಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ ಸ್ಪರ್ಶ ರೇಖೆಯು (Tangent) ಸಮತಲದಲ್ಲಿದ್ದು C ಎಂಬುದು ಬಾಗು ಬಿಂದು (Point of infiexion) ಆಗಿರುತ್ತೆ.

C ಬಿಂದುವಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವಂತೆ (ಪರ್ವಬಿಂದು)



ಚಿತ್ರ 7।
(critical Isothermal)
ಚರಮ ಸಮತಾಪಕ ರೇಖೆ

$$\frac{dp}{dv} = 0 \text{ ಮತ್ತು } \frac{d^2p}{dv^2} = 0$$

ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$P = \frac{RT}{v-b} - \frac{a}{v^2}.$$

$$\therefore \quad \frac{dp}{dv} = -\frac{RT}{(v-b)^2} + \frac{2a}{v^3}.$$

$$\frac{d^2p}{dv^2} = \frac{2RT}{(v-b)^3} - \frac{6a}{v^4}.$$

C ಪರ್ವಬಿಂದುವಿನಲ್ಲಿ. $v = v_c$, $p = p_c$ ಮತ್ತು $T = T_c$

$$\therefore \quad p_c = \frac{RT_c}{v_c - b} - \frac{a}{v_c^2}.$$

$$-\frac{RT_c}{(v_c-b)^2} + \frac{2a}{v_c^3} = 0.$$

$$\frac{2RT_c}{(V_c-b)^3} - \frac{6a}{V_c^4} = 0.$$

ಈ ಮೂರು ಸಮೀಕರಣಗಳಿಂದ P_c, V_c ಮತ್ತು T_c ಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$\frac{2a}{V_c^3} = \frac{RT_c}{(V_c-b)^2}$$

$$\frac{6a}{V_c^4} = \frac{2RT_c}{(V_c-b)^3}.$$

ಭಾಗಿಸಿದರೆ, $\frac{V_c}{3} = \frac{V_c-b}{2}$

$$3(V_c-b) = 2V_c\ ;\ V_c = 3b$$

$$T_c = \frac{2a}{V_c^3}\frac{(V_c-b)^2}{R} = \frac{2a.\ 4b^2}{27\ b^3.R} = \frac{8a}{28\ Rb}.$$

$$P_c = \frac{R.\ 8a}{27\ Rb.\ 2b} - \frac{a}{9\ b^2} = \frac{4a}{27\ b^2} - \frac{3a}{27\ b^2}$$

$$= \frac{a}{27\ b^2}.$$

ಮೂಲ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ P, V ಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, a ಮತ್ತು b ಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ನಂತರ, ಇವುಗಳನ್ನು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡು, P_c, V_c ಮತ್ತು T_c ಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದು, ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ತೋರಿಬಂದ ಪ್ರಮಾಣಗಳೊಂದಿಗೆ ಹೋಲಿಸಬಹುದು.

$V_c = 3b$ ಇರಬೇಕಾದರೂ ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ $\frac{V_c}{b}$ $= 2.8$ (ಜಲಜನಕ) ಮತ್ತು $\frac{V_c}{b} = 1.41$ (ಆರ್ಗಾನ್). ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ ಇವೆರಡರ ನಡುವೆ ಇರುತ್ತದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ಮುಖ್ಯ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನೂ ತಿಳಿಯಬಹುದು.

$$\frac{RT_c}{V_c \cdot P_c} = \frac{R \cdot 8a \cdot 27\,b^2}{27\,R \cdot b \cdot 3b \cdot a} = \frac{8}{3} = 2.67 \text{ (ಪರ್ವ ಗುಣಾಂಕ)}$$

ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ಇದರ ಬೆಲೆಯು ಸುಮಾರು 3.5 ಇರುತ್ತದೆ.

ಅಂದಮೇಲೆ, ಪರ್ವಬಿಂದುವಿನ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ ವಾಸ್ತವಾಂಶಗಳಿಗೂ, ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಸಾಮರಸ್ಯವು ಕಡಮೆಯೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ ಈಗ, ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ a ಮತ್ತು b ಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದನು.

$a = 0.00874$ ವಾಯುಮಾನ

$b = 0.0023$ c. c.

$P = 1$ ವಾಯುಮಾನ, $v = 1$ cc. ಮತ್ತು $T = 273°A$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, R ನಿಯತಾಂಕದ ಬೆಲೆಯನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right)(v - b) = RT$$

$$\left(1 + \frac{.00874}{1^2}\right)(1 - 0023) = R \cdot 273.$$

$$R = \frac{1.00874 \times 0.9977}{273}$$

$$T_c = \frac{8a}{27\,Rb} = \frac{8. \times \cdot 00874 \times 273}{1.00874 \times 27 \times \cdot 9977 \times \cdot 0023}$$

$$= 305°.5\,A = 32°.5C$$

ಇದೂ ಆಂಡ್ರೂಸ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ 30°.9C ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಬಹಳ ಚೆನ್ನಾಗಿ ಹೋಲುತ್ತವೆ. ಇದು ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಒಳ್ಳೆ ಸಮರ್ಥನೆಯೆಂದೇ ಹೇಳಬಹುದು.

ಅನುರೂಪ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಿಯಮ (Law of Corresponding States)

ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಅದರ ಒತ್ತಡ, ಗಾತ್ರ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು P, V, T ಆಗಿದ್ದರೆ, ಇವುಗಳನ್ನು ಆಯಾ ಅಂಶಗಳ ಪರ್ವ ಬೆಲೆಗಳಾದ P_c, V_c ಮತ್ತು T_c ಗಳಿಂದ ಭಾಗಿಸಿದರೆ

$$\frac{p}{p_c} = p_r \quad \frac{v}{v_c} = v_r, \quad \frac{T}{T_c} = T_r$$

ಆಗಿರುತ್ತದೆ. P_r, v_r ಮತ್ತು T_r ಗಳನ್ನು ರೂಪಾಂತರಿಸಿದ ಒತ್ತಡ, ಗಾತ್ರ ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸಂಖ್ಯೆಗಳೆಂದು (Reduced Pressure, Volume and Temperature) ಕರೆಯಬಹುದು.

$$P = P_r \cdot P_c = P_r \quad \frac{a}{27\,b^2}$$

$$v = v_r \cdot v_c = v_r \cdot 3b$$

$$T = T_r \cdot T_c = T_r \cdot \frac{8a}{27\,Rb}.$$

ಇವುಗಳನ್ನು ಮೂಲ ಸಮೀಕರಣದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೆ,

$$\left(P_r \cdot \frac{a}{27\,b^2} + \frac{a}{9\,v_r^2 \cdot b^2}\right) \quad (v_r \cdot 3b - b)$$

$$= \frac{RT_r \cdot 8a}{27\,Rb}$$

ಇದನ್ನು ಸುಲಭ ರೀತಿಗೆ ತಂದರೆ,

$$\left(P_r + \frac{3}{v_r^2}\right)(3\,v_r - 1) = 8T_r$$

ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ರೂಪಾಂತರಿಸಿದ (Reduced) ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮೀಕರಣ equation ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಇದರ ಮುಖ್ಯ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ, ಇದರಲ್ಲಿ, a ಮತ್ತು b ನಿಯತಾಂಕಗಳಿಲ್ಲ. ಆದುದರಿಂದ ಈ ಸಮೀಕರಣವು ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಸಮನ್ವಯವಾಗತಕ್ಕದ್ದು.

ಎರಡು ಅನಿಲಗಳ P_r ಮತ್ತು v_r ಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು ಒಂದೇ ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅವುಗಳ T_r ಕೂಡ ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು. ಇದೇ 'ಅನುರೂಪ ಸ್ಥಿತಿಗಳ ನಿಯಮ' (Law of Corrersponding States)

ಅಮ್ಯಾಗಾಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ರೂಪಿಸಿದ ಅನಿಲ ರೇಖೆಗಳಿಗೆ (Amagat Curves) ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣವು ಏನಾದರೂ ಸಮರ್ಥನೆ ಕೊಡಬಲ್ಲುದೇ ಎಂಬುವನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿದಂತೆ, (ಚಿತ್ರ–63. 64, 65) PV–P ರೇಖೆಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳಿಗೂ ಎಳೆದರೆ, ಜಲಜನಕವನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳ (N, CO_2) ಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು PV ಕಡಮೆಯಾಗಿ ಒಂದು ಅಧೋಮಿತಿ (minimum) ಯನ್ನು ಮುಟ್ಟಿ ನಂತರ ಏರುವುದನ್ನು ಕಂಡಿದ್ದೇವೆ. ಇದರ ವಿವರಣೆಯನ್ನು Van-der-waals ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಪಡೆಯಬಹುದು. ಇದು ಕೆಳಗಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿದೆ.

$$\left(P + \frac{a}{V^2}\right)(v - b) = RT.$$

$$\text{i. e. } PV - Pb + \frac{a}{V} - \frac{ab}{V^2} = RT.$$

ಮೊದಲನೇ ಆಸನ್ನತೆಯಲ್ಲಿ (First approximation)

$$PV = RT. \text{ i-e, } v = \frac{RT}{P}$$

$$\therefore \quad PV - Pb + \frac{ap}{RT} - \frac{ab\ p^2}{R^2\ T^2} = RT.$$

ಈಗ $Pv = y$ ಮತ್ತು $P = x$ ಎಂಬ ಅಕ್ಷಾಂಕಗಳನ್ನು (Coordinates) ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ,

$$y - bx + \frac{ax}{RT} - \frac{ab\ x^2}{R^2\ T^2} = RT.$$

ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ— $\frac{ab\,x^2}{R^2\,T^2}$ ಗಮನಾರ್ಹವಾಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಮೇಲಿನ ಸಮೀಕರಣವು "**ಹಿಂತಿರುಗಿಸಿದ ಪ್ಯರಾಬೊಲ**" (inverted parabola) ವನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ. T ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಮೇಲಿನ ದರ ಬೆಲೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗುವುದರಿಂದ, ರೇಖೆಯು ಸರಳ ರೇಖೆಯಂತೆ ವರ್ತಿಸುತ್ತದೆ. (Straight line) ಈ ರೀತಿಯ ವರ್ತನೆಯು ಜಲಜನಕಕ್ಕೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಅದೂ ಕೂಡ, ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾದಾಗ ಮಿಕ್ಕ ಅನಿಲಗಳಂತೆ ವರ್ತಿಸುವುದೆಂದು ಅರ್ಥಮಾಡಿಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

ಈಗ PV–P ರೇಖೆಯ ಅಧೋಬಿಂದುವಿನ (minimum) ಅಕ್ಷಾಂಕಗಳು x, y ಆಗಿದ್ದರೆ, $\frac{dy}{ax} = 0$.

ಹಿಂದಿನ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡರೆ,

$$\frac{dy}{dx} - b + \frac{a}{RT} - \frac{2\,abx}{R^2\,T^2} = 0.$$

$$\text{i-e}\quad \frac{dy}{dx} = b - \frac{a}{RT} + \frac{2\,abx}{R^2\,T^2} = 0.$$

$$\therefore\quad b\,R^2\,T^2 = a\,RT - 2\,abx.$$

$$\text{i-e}\quad 2\,abx = a\,RT - b\,R^2\,T^2.$$

$$x = \frac{a\,RT - b\,R^2\,T^2}{2\,a\,b}$$

T ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ x ಅಂಕದ ಪ್ರಮಾಣವು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತದೆ ಅಂದರೆ ಅಧೋಬಿಂದುವು PV ಅಕ್ಷದ ಕಡೆಗೆ ವಾಲುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ವಾಲುತ್ತ ಹೋಗಿ, ಅಧೋಬಿಂದುವು PV (ಅಥವಾ y) ಅಕ್ಷದಲ್ಲಿಯೇ ಇರಬೇಕಾದರೆ, ಅಲ್ಲಿ $x=0$ ಇರಬೇಕು.

ಅಂದರೆ $a\,RT - b\,R^2\,T^2 = 0.$

$$T = \frac{a}{b\,R}$$

ಈ ಅಂಶವೂ ಕೂಡ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಸಮರ್ಥಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. $T_b = \frac{a}{b\,R}$ ಎಂಬುದನ್ನು ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು ಕರೆದರೆ, ಇದೂ ಕೂಡ ಒಂದು ಪರಿವರ್ತನ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು ಎಣಿಸಬಹುದು. ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಮಾಣವು T_b ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ ಅನಿಲವು ಜಲಜನಕದಂತೆ ವರ್ತಿಸಿ PV-P ರೇಖೆಯು ಸರಳರೇಖೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

$$\text{ಈಗ } T_c = \frac{8a}{27\,Rb}$$

$$T_b = \frac{a}{b\,R}$$

$$\therefore \quad T_b = \frac{27}{8} T_c = 3.375 \; T_c.$$

ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಪ್ರಕಾರ $T_b = 3T_c$ ಇರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಈ ವಿಷಯದಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ Van-der-waals equation ವಾನ್‌ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್‌ಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ಬಂದಂತಾಯಿತು.

ಈ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಗೂ ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣಕ್ಕೂ ಸುಮಾರಾಗಿ ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಸಮನ್ವಯವು ದೊರಕಿದೆಯೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಕೆಲವು ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ಮಾತ್ರ ಹೊಂದಾಣಿಕೆಯು ಅಷ್ಟು ಉತ್ತೇಜನ ಕೊಡುವಂತಿಲ್ಲ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ, ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಪರ್ವ ನಿಯತಾಂಕ (Critical Coefficient) ದ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಎತ್ತಿ ಕಾಣುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದಲೂ ಕೂಡ, ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮೀಕರಣವು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿದೆ. ಇದು "Joule Thomson effcet" (ಜೂಲ್ ಥಾಂಸನ್ ಫಲಿತ) ವನ್ನೂ ಅನಿಲದ ದ್ರವೀಕರಣದ ತತ್ತ್ವಗಳನ್ನೂ ನಿರೂಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಸಹಕಾರಿಯಾಗಿದೆ. ಈ ವಿಷಯವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ಪ್ರಸ್ತಾಪ ಮಾಡಿದೆ.

Van-der-waals ಸಮೀಕರಣದ ನ್ಯೂನತೆಗಳನ್ನು ಸರಿಪಡಿಸಿ,

ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಗೆ ಸಮೀಪಿಸುವ ಸಮಿಾಕರಣಗಳನ್ನು ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು ಹಲವಾರು ಪ್ರಯತ್ನಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಸುಮಾರು 56 ಸ್ಥಿತಿ ಸಮಿಾಕರಣಗಳು (Equations of state) ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಡಯಟ್ರಿಸಿ ಮತ್ತು ಬರ್ಥೆಲಾಟ್ (Dietirici & Berthelot) ಸಮಿಾಕರಣಗಳು ಮುಖ್ಯವಾದುವು. ಇವು ಈ ರೀತಿಯಿವೆ.

$$P \cdot e^{\frac{a}{RT\nu}} (\nu - b) = RT \quad \text{(ಡಯಟ್ರಿಸಿ)}$$

ಇದರ ಗುಣವೇನೆಂದರೆ ಇದರ ಪ್ರಕಾರ, $V_c = 2b$. ಮತ್ತು $\frac{RT_c}{P_c V_c} = 3.6$ ಇವೆರಡೂ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿವೆ.

$$\left(P + \frac{a}{TV^2}\right)(V - b) = RT$$

ಇದೂ ಕೂಡ Van-der-waals ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮಿಾಕರಣ ದಂತೆಯೇ $V_c = 3b$ ಮತ್ತು $\frac{RT_c}{P_c V_c} = \frac{8}{3}$ ಎಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

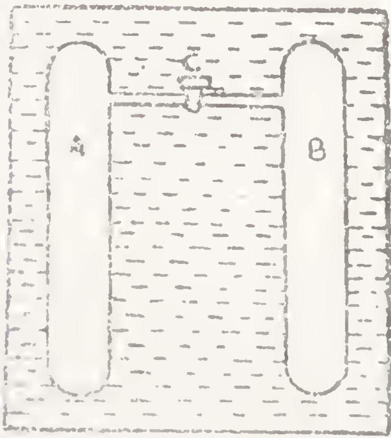
ಒಟ್ಟನಲ್ಲಿ ನೋಡುವುದಾದರೆ, ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ಸಾಕಷ್ಟು ಸಮಿಾಪವಾಗಿ ನಿರೂಪಿಸುವುದರಲ್ಲಿ ಸಮರ್ಪಕವಾಗಿರುವ ಸ್ಥಿತಿ ಸಮಿಾಕರಣವೆಂದರೆ, ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ (Van-der-waals) ಸಮಿಾಕರಣವೇ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು.

8 ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ

(Liquefaction of gases)

ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣದ ಮಾರ್ಗಗಳನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸುವುದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ, ಜೂಲ್ ಮತ್ತು ಥಾಂಸನ್ (Joule & Thomson) ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞರು ಮಾಡಿದ ಬಹಳ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ವಿಚಾರಮಾಡ ಬೇಕು. ಈ ಪ್ರಯೋಗದ ಮುಖ್ಯ ಆಶಯವೇನೆಂದರೆ ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ನಡುವೆ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳ ಇರುವಿಕೆಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಪಡಿ ಸುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದು.

ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ಸ್ವಚ್ಛಂದ ವಿಕಾಸಕ್ಕೆ (Free expansion) ಒಳಪಡಿಸಿ, ಅದು ಯಾವ ಬಾಹ್ಯ ಕೆಲಸವನ್ನೂ (external work) ಮಾಡದೆ, ಶಾಖವು ಹೊರಕ್ಕೂ ಹೋಗದೆ, ಒಳಕ್ಕೂ ಬರದೆ ಇರುವ ಪರಿ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಏರ್ಪಡಿಸಿದಲ್ಲಿ, ಅಣುಗಳಲ್ಲಿ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಕ ಶಕ್ತಿಗಳು ಇದ್ದ ಪಕ್ಷಕ್ಕೆ ವಿಕಾಸದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಅನಿಲದಿಂದ ಆಂತರ್ಯ ಕೆಲಸಕ್ಕೆ (Internal work) ಶಕ್ತಿ ವ್ಯಯವಾಗಬೇಕು. ಈ ಶಕ್ತಿಯು ತನ್ನೊಳಗಿನ ಶಕ್ತಿ (internal energy) ಯಿಂದಲೇ ಒದಗಬೇಕಾಗುವುದರಿಂದ, ಅನಿ ಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕಡಮೆಯಾಗಬೇಕು. ಈ ರೀತಿ ಆಗುವ ಸಂಭವವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಪರೀಕ್ಷಿಸುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಜೂಲ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೊದಲು ತಾನಾಗಿಯೇ ಒಂದು ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿದನು. ಇದರ ರಚನೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ. 72ರಲ್ಲಿ ಕಾಣಬಹುದು. A ಎಂಬ ದೊಡ್ಡ ತಾಮ್ರದ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಶುಷ್ಕವಾಯುವು (Dry air) 22 ವಾಯು ಮಾನಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿದ್ದು, B ಎಂಬ ಮತ್ತೊಂದು ತಾಮ್ರದ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ವಾತ ಶೂನ್ಯವಾಗಿ ಮಾಡಲಾಗಿತ್ತು.



ಚಿತ್ರ 72
ಜೂಲ್ ಪ್ರಯೋಗಗಳು

ಇವೆರಡಕ್ಕೂ ಸಂಪರ್ಕವಿರುವಂತೆ ಮಾಡಲು C ಎಂಬ ಒಂದು ಬಿರಡೆ (Stop-cock) ಇತ್ತು. ಈ ಎಲ್ಲ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ನೀರಿನ ಆಶಯದಲ್ಲಿ (tank) ಇಡಲಾಗಿತ್ತು. C ಬಿರಡೆಯನ್ನು ತೆಗೆಯುವುದರ ಮೂಲಕ, A ನಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು B ಯೊಳಗೆ ವಿಕಾಸವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಿದಾಗ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಬದಲಾವಣೆಯೂ ಉಂಟಾಗಲಿಲ್ಲ. $\frac{1}{200}$°F ಅಷ್ಟು ಸಣ್ಣ ಪ್ರಮಾಣದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಅಳೆಯುವಷ್ಟು ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದರೂ ಕೂಡ, ಪ್ರಯೋಗವು ಸಫಲವಾಗಲಿಲ್ಲ.

ಇದೇ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನೇ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡು ಮಾಡಿ ಮತ್ತೊಮ್ಮೆ ಜೂಲ್ ನಡೆಸಿದನು. ಇದರಲ್ಲಿ A ಮತ್ತು B ಪಾತ್ರೆಗಳನ್ನು ಬೇರೆ ಬೇರೆ ನೀರಿನ ಆಶಯಗಳಲ್ಲಿಟ್ಟನು. ಈಗಲೂ, C ಬಿರಡೆಯನ್ನು ತೆಗೆದು, ಎರಡು ಪಾತ್ರೆಗಳ ಸಂಪರ್ಕವಾದಾಗ, B ನಲ್ಲಿನ ಗಾಳಿಯಲ್ಲಿ ಎಷ್ಟು ಶಾಖವು ಉತ್ಪನ್ನವಾಯಿತೋ ಅದೇ ಪ್ರಮಾಣದ ಶಾಖವನ್ನು A ನಲ್ಲಿದ್ದ ಗಾಳಿಯು ನಷ್ಟ ಹೊಂದಿದಂತೆ ಕಂಡುಬಂದಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ ಒಟ್ಟಿನಲ್ಲಿ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಯಾವ ಇಳಿತವೂ ಆಗಲಿಲ್ಲವೆಂದು ತಿಳಿದು ಬಂದಿತು. ಇದರಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ, ಅನಿಲದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿದೆ.

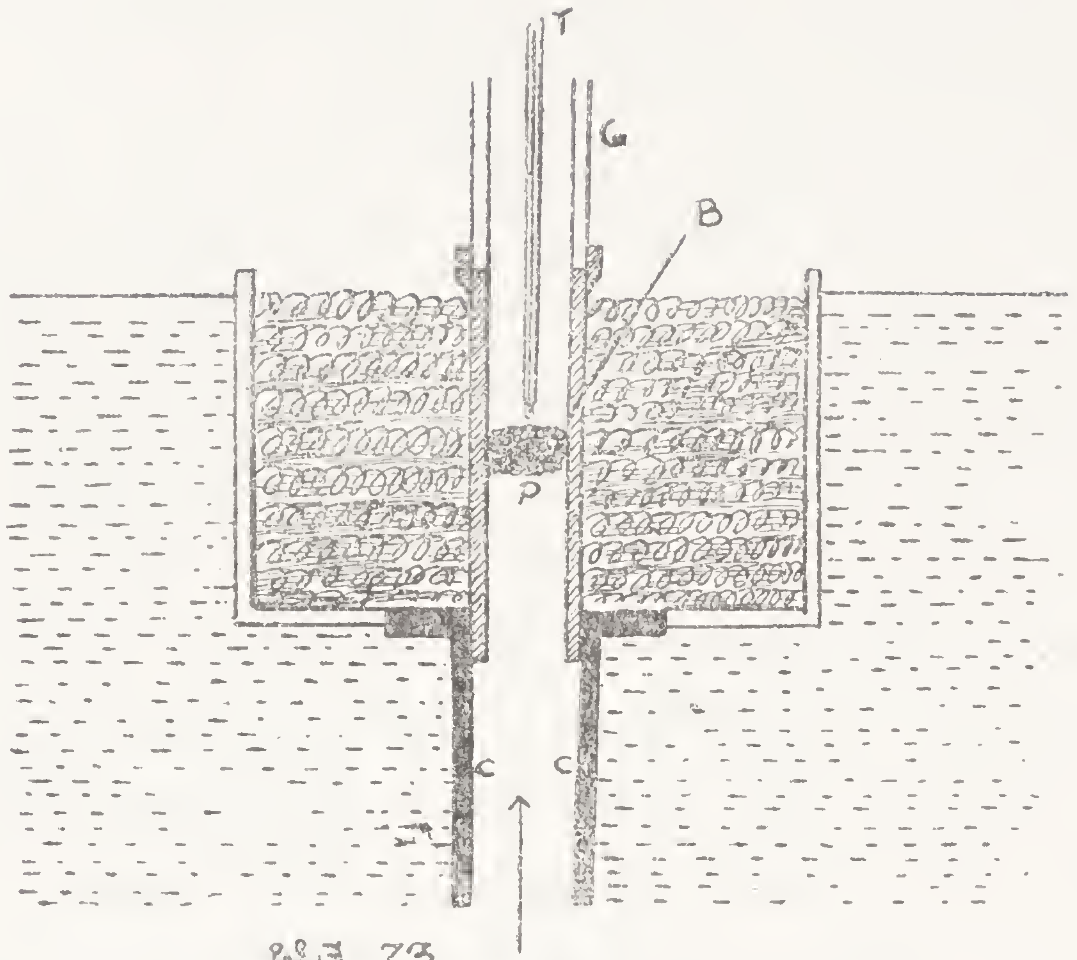
ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ವಿಫಲವಾದುದಕ್ಕೆ ಕಾರಣವನ್ನು ಹೀಗೆ ಊಹಿಸಬಹುದು :—ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ವ್ಯಯದಿಂದ ಉಂಟಾದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿದ್ದು, ಜೂಲ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣದ ಉಷ್ಣ ಗ್ರಹಣ ಶಕ್ತಿಯು (thermal Capacity) ಬಹಳ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದುದೇ ಕಾರಣವಾಗಿರಬಹುದೆಂದು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳಲ್ಲಿನ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳ ಅಸ್ತಿತ್ವದ ವಿಷಯವನ್ನು ವಿಚಾರ ಮಾಡಲು ಕೆಲ್ವಿನ್ ಮತ್ತು ಜೂಲ್ (Joule and Kelvin) ಎಂಬ ಇಬ್ಬರು ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿ. ತಮ್ಮ ಪ್ರಸಿದ್ಧವಾದ "ಪೋರಸ್ ಪ್ಲಗ್" (Porous Plug) ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಮಾಡಿ

ಸಫಲರಾದರು. ಜೂಲ್ ಒಬ್ಬಂಟಿಗನಾಗಿ ಮಾಡಿ ವಿಫಲನಾಗಿದ್ದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಈ ಪ್ರಯೋಗವು ಸಾರ್ಥಕಗೊಳಿಸಿತು.

ಪ್ರಯೋಗದ ತತ್ತ್ವವಾದರೂ ಇಷ್ಟೇ. ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಒಂದು ಸಚ್ಛಿದ್ರ ಬೆಣೆ (Porous Plug) ಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ ಅದರ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆದು ಅವುಗಳ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದೇ ಮುಖ್ಯ ಆಶಯ. ಹಿಂದೆ ಹೇಳಿದ ಸಚ್ಛಿದ್ರ ಬೆಣೆಯು ಹತ್ತಿ ಉಣ್ಣೆ, ರೇಷ್ಮೆ ಮುಂತಾದ ಅತಿ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಛಿದ್ರಗಳನ್ನು ಹೊಂದಿರುವ ವಸ್ತುವಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಸುತ್ತಲೂ, ಆವರಿಸಿರುವಂತೆ ಉಷ್ಣ ಅವಾಹಕ (non-conducting) ಆವರಣವಿರುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ, ಹೊರಗಿನ ಆವರಣಕ್ಕೂ ಒಳಗಿನ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಉಷ್ಣ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಕಡಿದು ಹಾಕಿದಂತಾಯಿತು. ಈ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ಸಣ್ಣ ಛಿದ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು, ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದ ಒತ್ತಡದ ಬದಲಾವಣೆಗೆ ಒಳಗಾದರೆ, ಅದರ ಅಣುಗಳು ದೂರೀಕರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ. ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳಿದ್ದಲ್ಲಿ ಶಕ್ತಿವ್ಯಯವಾಗಿ ಇದು ಅನಿಲದ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯಿಂದಲೇ ಬರಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿತವನ್ನು ತೋರಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಜೂಲ್ ಥಾಂಸನ್ ಫಲಿತ (Juole Thomson effect) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವು ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಪ್ರದರ್ಶಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿತು. ಆದ್ದರಿಂದ, ಅನಿಲದಲ್ಲಿ ಅಣುಗಳ ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಯ ಅಸ್ತಿತ್ವವು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಂತಾಯಿತು.

ಈಗ ಪ್ರಯೋಗದ ವಿವರಣೆಯನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸೋಣ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ. 73ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. P ಎಂಬುದೇ ಸಚ್ಛಿದ್ರ ಉಣ್ಣೆ ಅಥವಾ ರೇಷ್ಮೆ ಎಳೆಗಳನ್ನೊಳಗೊಂಡ ಬೆಣೆ.(Porous plug) ಇದನ್ನು ಎರಡು ಛಿದ್ರಯುಕ್ತ (perforated) ಹಿತ್ತಾಳೆ ಪ್ಲೇಟ್‌ಗಳ ನಡುವೆ ಇಡಲಾಗಿದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಸುಳಿಪ್ರವಾಹಗಳನ್ನು (eddy currents) ತಡೆಗಟ್ಟಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ. ಹಿತ್ತಾಳೆ ಪ್ಲೇಟುಗಳ ಮಧ್ಯಭಾಗದಲ್ಲಿ B ಎಂಬ ಮರದ ಭಾಗವು ಉಷ್ಣವಸ್ತುವಿನ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇದೆ. ಈ ಮರದ ಭಾಗದ



ಚಿತ್ರ 73
The Porous Plug Experiment

ಹೊರ ಆವರಣವು ಹತ್ತಿ ಉಣ್ಣೆ (Cotton wool)ಯಿಂದ ಆವೃತವಾಗಿದ್ದು ಅದನ್ನು ಆವರಿಸುವಂತೆ ದೊಡ್ಡ ನೀರಿನ ಆವರಣವಿದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಮುಂಜಾಗ್ರತೆಯ ಕ್ರಮದಿಂದ, P ಮೂಲಕ ಹಾಯುವ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೂ, ಶಾಖವಿನಿಮಯವನ್ನು ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ ತಪ್ಪಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಅಳವಡಿಸಿದ ಮೇಲೆ, ಪರೀಕ್ಷೆ ಅನಿಲವನ್ನು ಒಂದು ಸಂಪೀಡನ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ (Compressor) ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ಸುರಳಿ ನಾಳಿಕೆಯ (Copper Spiral tube) ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಿ, ನಂತರ ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ತಾಮ್ರದ ಟ್ಯೂಬ್‌ಗಳ (C C) ಮೂಲಕ ಬಂದು ಉಣ್ಣೆಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ವಿಕಾಸವನ್ನು (Throttle expansion) ಹೊಂದುತ್ತದೆ. Pಯ ಮೂಲಕ ಬಂದಮೇಲೆ, ಹೊರಗಿನ ವಾಯುವಿನೊಂದಿಗೆ ಕಲೆಯುತ್ತದೆ. ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲಗಳ ಪೂರ್ವ

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು ನಿಯತವಾಗಿರಬೇಕು. ಸುಮಾರು ಒಂದು ಘಂಟೆಯ ಕಾಲದ ಮೇಲೆ, ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟು (Steady State) Pಯ ಎರಡು ಕಡೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಇಟ್ಟಿದ್ದ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲಾಯಿತು. ಈ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಪ್ಲಾಟಿನಂನಂತಿರೆಸಿಸ್ಟೆನ್ಸ್ (Plantium Resistance) ಯಂತ್ರಗಳಾದ್ದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಬಹಳ ಸೂಕ್ಷ್ಮವಾಗಿ ಅಳೆಯಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು.

ಜೂಲ್ ಮತ್ತು ಥಾಂಸ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಗಾಳಿ, ಆಮ್ಲಜನಕ, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ (Air, O, N, CO_2) ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡಿದರು. ಒತ್ತಡಗಳ ಪ್ರಮಾಣಗಳು 4.5 ಮತ್ತು 1.0 ವಾಯುಮಾನಗಳಾಗಿದ್ದು, ಪೂರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು 4°C ರಿಂದ 100°C ವರೆವಿಗೆ ಬದಲಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟವು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮುಖ್ಯ ಫಲಿತಾಂಶಗಳು ಕೆಳಗೆ ತೋರಿಸಿದಂತಿವೆ.

(1) ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಅತಿ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದಾಗ, ಎಲ್ಲ ಅನಿಲಗಳೂ ಪ್ಲಗ್‌ನ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದ ಮೇಲೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿಯಾದರೋ, ಅನೇಕ ಅನಿಲಗಳು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವನ್ನು ತೋರಿಸಿದರೂ, ಜಲಜನಕವು ಮಾತ್ರ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ.

(2) ಪ್ಲಗ್‌ನ ಎರಡು ಕಡೆಗಳ ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಹೆಚ್ಚಿದಂತೆಲ್ಲ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ಪ್ರಮಾಣವೂ ಅದಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಹೆಚ್ಚುತ್ತದೆ.

(3) ಅನಿಲದ ಮೂಲ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಬದಲಾಯಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಒಂದು ನಿಯತ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವು (1 ವಾಯುಮಾನ ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಕ್ಕೆ) ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವಿರುವುದಿಲ್ಲ ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಮೂಲ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸಿದರೆ, ಅನಿಲವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಯು ಯಾವ ಮೂಲ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೋ ಅದನ್ನು ಪರಿವರ್ತನ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು (Temperature of inversion) ಕರೆಯಬಹುದು.

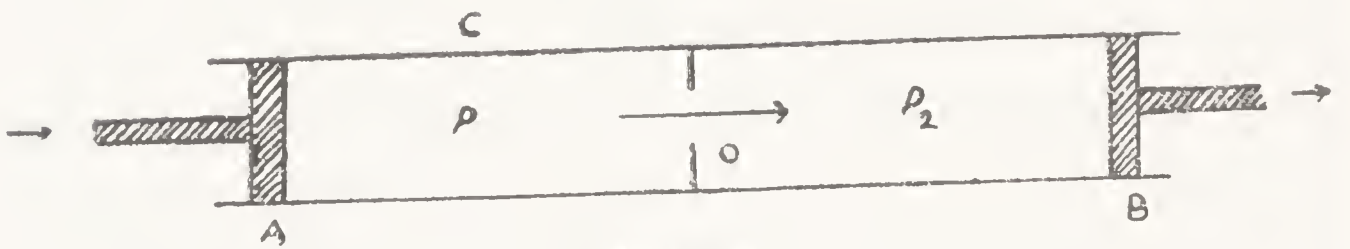
(4) ಪರೀಕ್ಷೆ ಮಾಡಿದ ಅನಿಲಗಳ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ ತೋರಿಬಂದ ಮೂಲ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳು ಈ ರೀತಿಯಿದ್ದುವು.

0°C	....ಗಾಳಿ....	−0.°275	C	(ಒಂದು ವಾಯುಮಾನಕ್ಕೆ)
..	ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ	−1.°39	C	(—— ,, ——)
..	ಜಲಜನಕ	+0.°03	C	(—— ,, ——)

ಇದರಿಂದ ಕಂಡುಬರುವ ಮುಖ್ಯ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಹೀಗೆ ತಿಳಿಸಬಹುದು :— ಪರಿವರ್ತನ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಯಾವ ಅನಿಲವೇ ಆಗಲಿ, ಸಣ್ಣ ಛಿದ್ರದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ಬಾಹ್ಯ ಕೆಲಸ ಮಾಡದೆ ಇರುವ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ (Cooling effect).

ಈಗ ಈ ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ಕೆಲವು ಸಮೀಕ್ಷೆಗಳನ್ನು (observations) ಮಾಡಬೇಕು.

ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ 74ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವಂತೆ ಅನಿಲವು C ಎಂಬ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಒಳಗಡೆ, A ಪ್ರದೇಶದಿಂದ B ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ O ಎಂಬ ಸಣ್ಣ ಛಿದ್ರದ



ಚಿತ್ರ 74
Joule Thomson Effect –(Theory)

ಮೂಲಕ ಪ್ರವೇಶ ಮಾಡುತ್ತದೆಯೆನ್ನೋಣ. ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಎರಡು ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಲ್ಲಿಯೂ P_1 ಮತ್ತು P_2 ಎಂಬ ಪಿಸ್ಟನ್‌ಗಳಿಂದ ಮುಚ್ಚಲ್ಪಟ್ಟು ಒಳಗಡೆ ಇರುವ ಅನಿಲಕ್ಕೂ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೂ ಯಾವ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವೂ ಆಗುವಂತಿಲ್ಲ.

ಹೀಗಿರುವಲ್ಲಿ Aನಲ್ಲಿರುವ ಅನಿಲದ ಒತ್ತಡವು p_1 ಆಗಿದ್ದು O ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದ ನಂತರ, ಬಲಗಡೆಯ ಒತ್ತಡ p_2 ಆಗಿರಲಿ. O ಛಿದ್ರಕ್ಕೆ

ಬಹಳ ಸಮೀಪದಲ್ಲಿ, ಅನಿಲದ ಚಲನ ಶಕ್ತಿಯು ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅಣುಗಳ ಆಂತರಿಕ ಶಕ್ತಿಯು ಕುಂದಿ ಸ್ವಲ್ಪ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇಳಿಯಬಹುದು. ಆದರೆ, ಈ ಸುಳಿ ಚಲನೆಗಳಿಲ್ಲವೂ, ಅಣುಗಳ ಘರ್ಷಣೆಗಳಿಂದ ಮಾಯವಾಗಿ, O ಛಿದ್ರದ ಬಲಗಡೆ ಸ್ವಲ್ಪ ದೂರದಲ್ಲಿ ಸ್ಥಿರಪರಿಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ.

1 ಗ್ರಾಂ ಅಣು ತೂಕದ ಅನಿಲವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರ ಗಾತ್ರಗಳು O ಛಿದ್ರದ ಎಡಬಲಗಳಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ ν_1 ಮತ್ತು ν_2 ಆಗಿರಲಿ– P_1 ಪಿಸ್ಟನ್‌ನಿಂದ A ನಲ್ಲಿರುವ v ಗ್ರಾಂ ಅಣುತೂಕದ ಅನಿಲದ ಮೇಲೆ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣವು $p_1 v_1$–ಇದೇ ತೂಕದ ಅನಿಲದಿಂದ O ಛಿದ್ರದ ಬಲಗಡೆ P_2 ಪಿಸ್ಟನ್ ಮೇಲೆ ಮಾಡಲ್ಪಡುವ ಕೆಲಸವು $p_2 v_2$. ಆದುದರಿಂದ ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ನಿವ್ವಳ ಬಾಹ್ಯ ಕೆಲಸ (net external work)$=(p_2 v_2 - p_1 \nu_1)$

ಅಂತರ ಆಕರ್ಷಣ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ಎದುರಿಸಲು ಅನಿಲವು ತನ್ನ ವಿಕಾಸದ ದೆಸೆಯಿಂದ ಮಾಡಬೇಕಾದ ಆಂತರಿಕ ಕೆಲಸವು w ಆಗಿರಲಿ.

ಅಂದಮೇಲೆ ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಟ್ಟು ಕೆಲಸದ ಪ್ರಮಾಣ$=W=(p_2 v_2 - p_1 \nu_1)+w$.

ಹೊರಗಿನ ಆವರಣದಿಂದ ಯಾವ ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವೂ ಆಗುತ್ತಿಲ್ಲದ್ದರಿಂದ, W ವಿನ ಪ್ರಮಾಣವು + ಆಗಿದ್ದರೆ, ಅನಿಲದಿಂದ ಶಕ್ತಿವ್ಯಯವಾಗಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. W ಪ್ರಮಾಣವು—(ಋಣ) ಆದರೆ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಏರಿಕೆಯಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ವರ್ತನೆಗಳನ್ನು ಮೂರು ವಿಭಾಗಗಳನ್ನಾಗಿ ವಿಂಗಡಿಸಬಹುದು.

(a) ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಕೆಳಗೆ (Below the Boyle temperature) :—

ಹಿಂದಿನ ವಿಮರ್ಶೆಯ ಪ್ರಕಾರ $p_2 v_2 - p_1 \nu_1$

$$\therefore (p_2 v_2 - p_1 v_1) = +$$

w= + ಅಥವಾ O ಇರಬಹುದು. ಏನಾದರೂ W ಪ್ರಮಾಣ+ ಆಗಿಯೇ ಉಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರಿಂದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯಬೇಕು

(b) ಬಾಯೆಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ

$p_2 v_2 = p_1 v_1$.

ಆದ್ದರಿಂದ W = w.

ಇಲ್ಲಿಯೂ ಕೂಡ w+ ಆಗಿದ್ದರೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯಬೇಕು

(c) ಬಾಯಲ್ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಮೇಲೆ **(Above the Boyle temperature)**

ಇಲ್ಲಿ $p_1 v_1 > p_2 v_2$

ಆದ್ದರಿಂದ $(p_2 v_2 - p_1 v_1) =$ — ಆಗುತ್ತದೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು w+ ಅಥವಾ— ಆಗಿರುವುದು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ.

(i) $(p_1 v_1 - p_2 v_2)$ ವಿನ ಪ್ರಮಾಣ wಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿದ್ದರೆ, W ಪ್ರಮಾಣ—ಆಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯಾಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿಲ್ಲದೆ

(ii) $(p_1 v_1 - p_2 v_2)$ ವಿನ ಪ್ರಮಾಣ wಗಿಂತ ಕಡಮೆಯಾಗಿದ್ದರೆ, W+ ಆಗಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

ಈ ಸ್ಥೂಲ ವಿಮರ್ಶೆಯಿಂದ ವ್ಯಕ್ತವಾಗುವ ಮುಖ್ಯ ಅಂಶವೇನೆಂದರೆ :— ಈ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಬರುವ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಅಂಗಗಳನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. (i) ಅನಿಲವು ಬಾಯಲ್ ನಿಯಮದ ಅತಿಕ್ರಮವನ್ನು ತೋರಿಸುವುದು (ii) ಅನಿಲದೊಳಗಿನ ಅಣುಗಳ ಅಂತರ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳು :—

Van-der-waals equation-Application to estimate the Joule kelvin effect.

ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲವು ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಅನುಸರಿಸುತ್ತದೆಯೆಂದು ಭಾವಿಸಿದರೆ, ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ವಿಮರ್ಶೆಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿ ಒಂದು ಸೂತ್ರವನ್ನು (Formula) ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು. ಈ ಸೂತ್ರಕ್ಕೂ ಪ್ರಯೋಗಕ್ಕೂ ಕಂಡುಬರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವನ್ನು ನಂತರ ಪರೀಕ್ಷಿಸಬಹುದು. ಈಗಾಗಲೇ ಸಾಧಿಸಿದಂತೆ

$$W = (p_2 v_2 - p_1 v_1) + w$$

ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ wವಿನ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

1 ಗ್ರಾಂ ಅಣುತೂಕದ ಅನಿಲವು v_1 ಗಾತ್ರದಿಂದ v_2 ಗಾತ್ರಕ್ಕೆ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ, ಪರಸ್ಪರ ಆಕರ್ಷಕ ಬಲಗಳ ಪ್ರಮಾಣ $\frac{a}{v_2}$ ಇರುವುದರಿಂದ,

ಅನಿಲದಿಂದ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಒಟ್ಟು ಕೆಲಸವು

$$w = \int_{v_1}^{v_2} \frac{a}{v_2}\, dv$$

$$\therefore W = (p_2 v_2 - p_1 v_1) + \left[\frac{a}{v_1} - \frac{a}{v_2}\right]$$

ವಾನ್ ಡರ್ ವಾಲ್ಸ್ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$$

$$pv + \frac{a}{v} - bp - \frac{ab}{v^2} = RT$$

$$pv = RT + bp - \frac{a}{v} \left[\frac{ab}{v^2} \text{ ಗಮನಾರ್ಹವಲ್ಲ}\right]$$

$$p_2 v_2 = RT + bp_2 - \frac{a}{v_2}$$

$$p_1 v_1 = RT + bp_1 - a/v_1$$

$$(p_2 v_2 - p_1 v_1) = b (p_2 - p_1) + \left(\frac{a}{v_1} - \frac{a}{v_2}\right)$$

$$W = b (p_2 - p_1) + 2 a \left(\frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_2}\right)$$

$(v_1 - v_2)$ ವಿನ ಪ್ರಮಾಣವು ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಗೊತ್ತಾಗದೇ ಇರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು $(p_1 - p_2)$ಗೆ ಪರಿವರ್ತನೆ ಮಾಡಬಹುದು.

$$p_1 v_1 = RT \therefore \frac{1}{v_2} = \frac{p_2}{RT}$$

$$p_2 v_2 = RT \frac{1}{v_2} = \frac{p_2}{RT}$$

$$W = b (p_2 - p_1) + \frac{2a}{RT} (p_1 - p_2)$$

$$= (p_1 - p_2) \left\{ \frac{2a}{RT} - b \right\}$$

d T ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವಾದರೆ,

$$W = J M C_p \, d T$$

[C_p = ಅನಿಲದ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ. M = ಅಣುತೂಕ]

$$d T = \frac{p_1 - p_2}{JMC_p} \left\{ \frac{2a}{RT} - b \right\}$$

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವು (dT), $(p_1 - p_2)$ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆಯೆಂಬ ಪ್ರಯೋಗದ ಫಲಿತಾಂಶದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ ಉಂಟಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು $p_1 > p_2$ ಯಾದ್ದರಿಂದ.

$\left(\frac{2a}{RT}-b\right)$ ಪ್ರಮಾಣವು + ಆಗಿದ್ದರೆ. **ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯು**ತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲದಿದ್ದರೆ. ಅದರಲ್ಲಿ ಏರಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ.

T_i ಎಂಬುದು ಪರಿವರ್ತನೆ ಉಷ್ಣಾಂಶವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ (Temperature of inversion) $dT = O$ ಅಂದರೆ

$$\frac{2a}{RT_i} = b \text{ ಅಥವಾ, } T_i = \frac{2a}{Rb}$$

$$T_i = \frac{2a}{Rb} = 2\,T_B$$

ಮತ್ತು T_c (ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ) $= \frac{8a}{27\,Rb}$

$$\therefore \frac{T_i}{T_c} = \frac{2a.\ 27.\ Rb}{Rb.\ 8\ \ a} = \frac{27}{4}$$

$$= 6.75$$

ವಾಸ್ತವ ಅನಿಲಗಳಿಗೆ $T_i = 6\,T_c$ ಎಂದು ಕಂಡುಬಂದಿದೆ. ಆದುದರಿಂದ. ಮೇಲಿನ ತತ್ತ್ವ ನಿರೂಪಣೆಗೆ ಸಾಮಾನ್ಯ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆತಂತಾಯಿತು. ಜಲಜನಕದ ವಿಷಯದಲ್ಲಿ

$T_c = 33°A$

$T_i = 190°A$

ಈ ಅಂಶಗಳು, ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಅತ್ಯಂತ ಮುಖ್ಯವಾದುವು.

ಮೇಲಿನ ವಿವರಣೆಯಿಂದ ನಾವು J-K ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಸ್ವಲ್ಪ ಮಟ್ಟಿಗೆ Van-der-waals ಸಮೀಕರಣದೊಂದಿಗೆ ಸಮನ್ವಯ ಮಾಡಿದಂತಾಯಿತು. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಎರಡು ವಿಷಯಗಳಿಗೆ ಸಮರ್ಥನೆ ದೊರೆಯಿತು. (1) T_i ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆ. T_i ಗಿಂತ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಿದ್ದರೆ ಅನಿಲವು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯನ್ನೂ T_i ಗಿಂತ ಕೆಳಗಿದ್ದರೆ

ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. (2) ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ಪ್ರಮಾಣವು ($p_1 - p_2$) ಅಥವಾ ಒತ್ತಡದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳಿಗೆ ಅನುಗುಣವಾಗಿರುತ್ತದೆ.

ಈ ಎರಡು ಅಂಶಗಳನ್ನೇ ಆಧಾರವಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು ಅನಿಲದ ದ್ರವೀಕರಣ ವಿಧಾನಗಳು ಬಹಳ ಫಲಕಾರಿಯಾದುವು.

9 ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ :—ಅತ್ಯಲ್ಪ-ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆ (Production of low temperatures)

ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಣ ಮಾಡುವ ಪ್ರಯೋಗಗಳಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಮೂರು ವಿಧಾನಗಳು ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

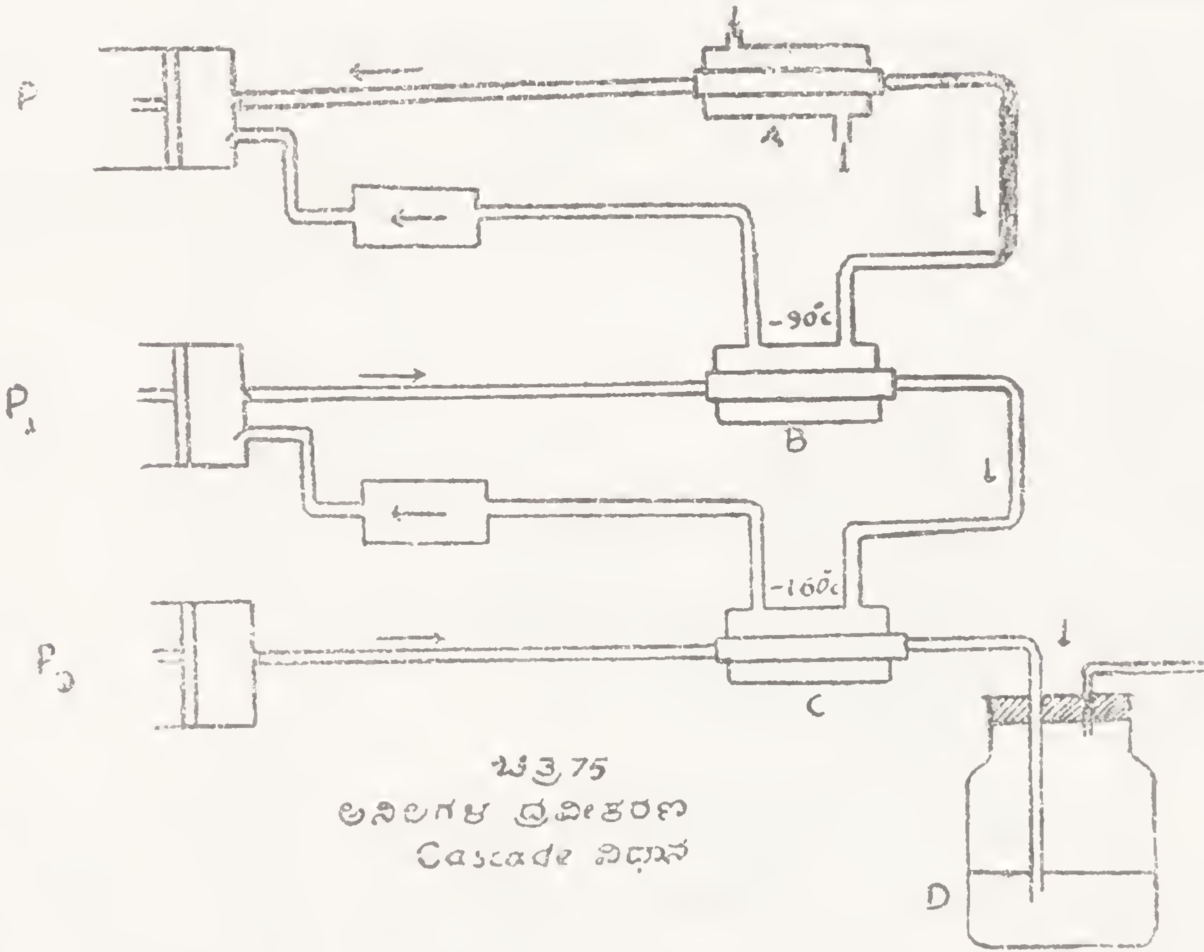
(1) ಪ್ರಪಾತ ವಿಧಾನ (Cascade Process) ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಹಂತ ಹಂತವಾಗಿ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುಗಳನ್ನು (Boiling Points) ಹೊಂದಿರುವ ದ್ರವಗಳನ್ನು ಒಂದು ಕ್ರಮದಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ.

(2) ಜೂಲ್‌ಥಾಂಸನ್ ಪುನರುಜ್ಜೀವಿತ ತಂಪು ವಿಧಾನ (Regenerative Cooling Principle) ಇದರಲ್ಲಿ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಜೂಲ್ ಥಾಂಸನ್ ಫಲಿತದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ವಿಧಾನವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

(3) ಸ್ಥಿರೋಷ್ಮ ವಿಕಾಸ ವಿಧಾನ (Adiabatic Expansion Process) ಒಂದು ಅನಿಲವನ್ನು ಶಾಖ ವಿನಿಮಯವನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಿದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುದಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದೇ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುವ ವಿಧಾನವಿದು.

Cascade Process :—ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕ್ರಮಕ್ರಮವಾಗಿ ಇಳಿಸುತ್ತ, ಅದರೊಂದಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ, ಕೊನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಅನಿಲವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುವುದು. ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ ಪಿಕ್ಟೆಟ್ (Pictet) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕ್ರಿ. ಶ. 1878ರಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಿದನು. SO_2 ಮತ್ತು CO_2 ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಒಳಗೊಂಡ ಪೀಡನ ಯಂತ್ರಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ (Compression machines) ಆಮ್ಲಜನಕದ

ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು (Critical temperature) ಮುಟ್ಟಿ ಕೊನೆಯ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು (ಉಷ್ಣ ವಿನಿಮಯವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿ) ವಿಕಾಸಗೊಳ್ಳುವಂತೆ ಮಾಡಿದನು. ಇದೇ ವಿಧಾನದಿಂದ ವ್ರೋಬ್ಲವ್ಸ್ಕಿ ಮತ್ತು ಓಲ್ಸೆಜೆವ್ಸ್ಕಿ (Wroblewskl & Olozewski) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ಸಾರಜನಕ ಮತ್ತು CO ಅನಿಲಗಳನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಿದರು. ಕಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನಸ್ (Kammerlingh Onnes) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರಿಸಿ ದ್ರವ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ದೊಡ್ಡಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ತಯಾರುಮಾಡಲು ತೋರಿಸಿಕೊಟ್ಟನು. ಅವನು ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. (75)



ಚಿತ್ರ 75
ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ
Cascade ವಿಧಾನ

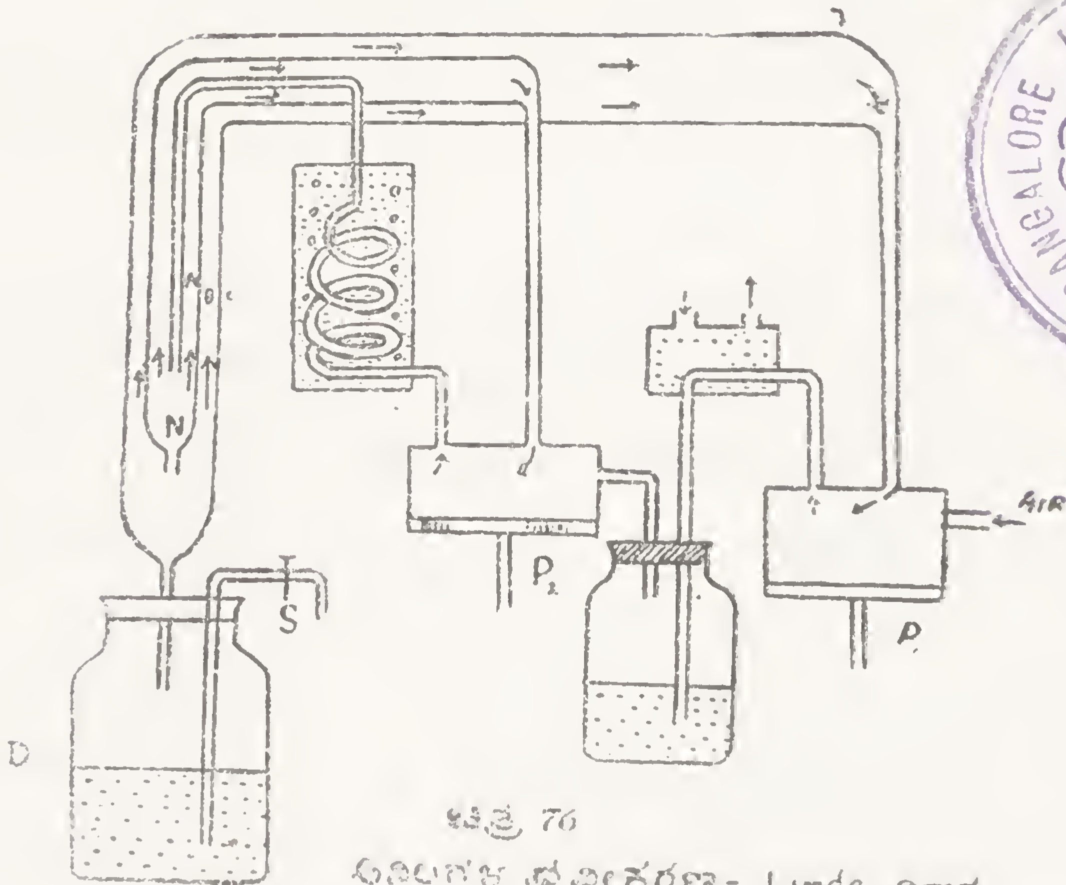
ಇದರಲ್ಲಿ ಮೂರು ಅಂಗಗಳಿವೆ. ಮೊದಲನೆಯದರಲ್ಲಿ ಮಿಥೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅನ್ನು ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಕೆಲವೇ ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ ಅದು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಅದರ ಪರ್ವ

ಉಷ್ಣಾಂಶ 143°C ಇರುವುದರಿಂದ ಇದು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. P_1 ಪಂಪಿನಲ್ಲಿ ಮಿಥೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅನಿಲವನ್ನು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಅದನ್ನು ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ A ಕಂಡೆನ್ಸರ್ (Condenser) ಒಳಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಜಲ ಆವರಣವು ಸುತ್ತುಗಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ, ಮಿಥೈಲ್ ಕ್ಲೋರೈಡ್ ಅನಿಲವು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಇದು ಎರಡನೆ ಹಂತದಲ್ಲಿರುವ B ಕಂಡೆನ್ಸರ್‌ನ ಹೊರ ಆವರಣದ ಮೂಲಕ ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದು ಮತ್ತೆ P_1 ಪಂಪಿಗೆ ಹೋಗಿ ಸೇರಿಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ Bಯಲ್ಲಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು—90°Cಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆ ಹಂತದಲ್ಲಿ P_2 ಪಂಪಿನಿಂದ ಎಥಿಲಿನ್ ಅನಿಲವು ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅದರ ಹೊರ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ—90°C ಇರುವುದರಿಂದ, ಅದು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ—ಎಥಿಲಿನ್‌ನ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ 10°C–ಈ ದ್ರವವು ಮೂರನೇ ಹಂತದಲ್ಲಿರುವ C ಕಂಡೆನ್ಸರ್‌ನ ಹೊರ ಆವರಣದ ಮೂಲಕ ಹೋಗುವಾಗ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ—160°Cಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಅನಿಲ ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತನೆಹೊಂದಿ ಮತ್ತೆ P_2 ಪಂಪಿಗೆ ವಾಪಸಾಗುತ್ತದೆ. P_3 ಪಂಪಿನಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ—C ಕಂಡೆನ್ಸರ್ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸುವಾಗ ಅದರ ಹೊರ ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶ—160°C ಇರುವುದರಿಂದ, ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಆಮ್ಲಜನಕದ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ—118°C ಇರುವುದರಿಂದ, ದ್ರವೀಕರಣವು ಸಾಧ್ಯ. ಕೊನೆಯದಾಗಿ, ಈ ದ್ರವ ಆಮ್ಲಜನಕವು ದೇವಾರ್ Dewar ಪಾತ್ರೆ Dಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ.

ದ್ರವ ಆಮ್ಲಜನಕದ ಸಾಧಾರಣ ಕುದಿಯುವ ಬಿಂದುವು—183°C ಆಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟರೆ—218°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪ ರೂಪಕ್ಕೆ ತರಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿಕೊಂಡು, 4ನೇ ಹಂತದಲ್ಲಿ ಈ ಆವರಣವನ್ನಿಟ್ಟು, ಗಾಳಿಯನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಿ ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಲಿಂಡ್ ವಿಧಾನ (Linde's air liquefier)

ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಮುಖ್ಯ ಗುಣಗಳಿವೆ. (1) ಅನಿಲವನ್ನು ಅದರ ಪರಿವರ್ತನ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Inversion temperature)ಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿ J-T. ಫಲಿತವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು. ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ (T_c)ದ ಮಟ್ಟದ ವರೆಗೆ ಹೋಗಬೇಕಾದ್ದಿಲ್ಲ. (2) ಹಿಂದಿನ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅವಶ್ಯಕವಾಗಿ ಬೇಕಾದಷ್ಟು ಪೂರ್ವಭಾವಿ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವು ಇದರಲ್ಲಿ ಬೇಕಾಗಿಲ್ಲ. ಆದರೆ, J-T. ಫಲಿತದಿಂದ ಬರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತವು ಬಹಳ ಕಡಮೆಯಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಇದನ್ನು ಪುನರುಜ್ಜೀವಿತ ವಿಧಾನ (Regenerative Cooling) ದಿಂದ ಕ್ರಮ ಕ್ರಮವಾಗಿ ವೃದ್ಧಿಗೊಳಿಸಿ ಸಂಯೋಜಕ (Cumulative) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಲು ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಈ ಉಪಕರಣ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 76ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 76

ಅನಿಲಗಳ ದ್ರವೀಕರಣ - Linde ವಿಧಾನ -

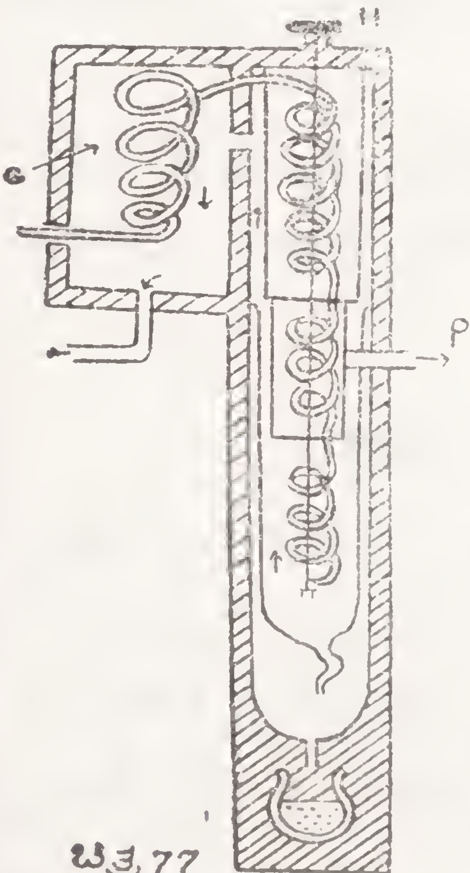
P_1 ಮತ್ತು P_2 ಪಂಪುಗಳಿಂದ ಎರಡು ಹಂತಗಳಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡವು ಕಲ್ಪಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. P_1 ಪಂಪಿನಲ್ಲಿ ಸುಮಾರು 20 ವಾಯುಮಾನಗಳ

ವರೆವಿಗೆ ಸಂಕ್ಷೇಪಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಗಾಳಿಯು ತಣ್ಣೀರಿನ ಆವರಣದ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದ ನಂತರ, KOH, $CaCl_2$, P_2O_5 ಟ್ಯೂಬುಗಳ ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ, ತನ್ನಲ್ಲಿರುವ CO_2 ಮತ್ತು ನೀರು ಬಾಷ್ಪಗಳನ್ನು ವಿಸರ್ಜಿಸುತ್ತದೆ. ಇದು ಬಹಳ ಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಷಯ. ನಂತರ ಹೀಗೆ ಶುದ್ಧೀಕರಣವಾದ ಗಾಳಿಯು P_2 ಪಂಪಿನೊಳಕ್ಕೆ ಹೋಗಿ. ಅಲ್ಲಿ 200 ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತದೆ ತರುವಾಯ ಒಂದು ಸುರಳಿ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ (Spiral tube) ಹಾಯುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟಿಸುವ ದ್ರಾವಣ (Freezing mixture) ವು (F) ಆವರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ $-20°C$ ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ದ್ರವೀಕರಣ ಸಾಧನದ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ A ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ನಾಸಾಗ್ರ (Nozzle)ದ ಮೂಲಕ ವಿಸರ್ಜನೆ ಹೊಂದುವಾಗ ಅಲ್ಲಿ ಒತ್ತಡವು 20 ವಾಯುಮಾನಗಳಷ್ಟು ಮಾತ್ರ ಇರುವುದರಿಂದ, ಈ ವಿಕಾಸವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು J-T. ಫಲಿತದ ಪ್ರಕಾರ$-70°$ಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ತಂಪಿತ ಗಾಳಿಯು B ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಿಂತಿರುಗಿ P_2 ಪಂಪಿಗೆ ಮರಳುತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿ ಮತ್ತೆ 200 ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾಗುತ್ತದೆ. B ಮೂಲಕ ಹಿಂತಿರುಗುವ ತಂಪಿತ ಗಾಳಿಯು A ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವುದರಿಂದ A ನಲ್ಲಿನ ಗಾಳಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇನ್ನೂ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಇದು N_1 ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವಾಗ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮತ್ತಷ್ಟು ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಹಲವಾರು ಸಲ ಹಿಂತಿರುಗಿಸುತ್ತಿರುವ ಗಾಳಿಯ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ, ಕೆಲವು ಆವರ್ತ (Cycles)ಗಳ ನಂತರ N_1 ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಬಹಳಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಳಿದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿರುವ ಗಾಳಿಯನ್ನು N_2 ನಾಸಾಗ್ರದ ಮೂಲಕ ವಿಸರ್ಜಿಸಿ, ಹೊರ ಆವರಣದಲ್ಲಿ 1 ವಾಯುಮಾನ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದುವಾಗ, ಸುಲಭವಾಗಿ ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬಂದಿರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯನ್ನು D ಎಂಬ ಡೇವಾರ್ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರಿಸಿ, S ಎಂಬ ಸೈಫನ್ ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆ ತೆಗೆಯಬಹುದು. ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರದೆ ಇರುವ ಗಾಳಿಯು ಮಾತ್ರ C ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ P_1 ಪಂಪಿಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಲಿಂಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೇಲೆ ತೋರಿಸಿದ ಉಪಕರಣದಿಂದ 3 H.P. ಮೋಟಾರನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಒಂದು ಘಂಟಿಗೆ 1000 C.C. ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯನ್ನು ತಯಾರು ಮಾಡಿದನು. ಇನ್ನೂ ಸ್ವಲ್ಪ ಮಾರ್ಪಾಡುಗಳನ್ನು ಮಾಡಿ, (Hampson, Dewar) ಹಾಂಪ್ಸನ್, ದೇವಾರ್ ಮತ್ತು ಇತರರು 15 ನಿಮಿಷಗಳಲ್ಲೇ ದ್ರವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿ ತೋರಿಸಿದರು.

ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ದೇವಾರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಜಲಜನಕವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಿದನು. ಇದನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ, ಮೊಟ್ಟ ಮೊದಲು ಜಲಜನಕವನ್ನು ಅದರ ವಿನಿವರ್ತನ (Investion) ಉಷ್ಣಾಂಶವಾದ $-80°C$ ಮಟ್ಟಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುವ ಅವಶ್ಯಕತೆ ಇದೆ. ಇದನ್ನು ಸಾಧಿಸಲು, ಅನಿಲವನ್ನು ಮೊದಲು ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪೀಕೃತವಾದ ದ್ರವಗಾಳಿಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯಿಸಬೇಕು.

ದೇವಾರ್ ಉಪಯೋಗಿಸಿದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ 77ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ ಜಲಜನಕವನ್ನು ಮೊದಲು 150 ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ಅದರಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾದ ಶಾಖವನ್ನು ತೆಗೆಯಲು, ತಣ್ಣೀರಿನ ಆವರಣದಲ್ಲಿ ಇಡಲ್ಪಟ್ಟ ಸುರಳಿ ನಾಳಿಕೆಗಳ ಮೂಲಕ (Coils) ಹಾಯಿಸಬೇಕು. ನಂತರ ಅದರಲ್ಲಿರುವ CO_2 ಮತ್ತು ನೀರು ಬಾಷ್ಪಗಳ ವಿಸರ್ಜನೆ ಮಾಡಿ, ಶುದ್ಧೀಕರಿಸಬೇಕು. ಈ ಶುದ್ಧ ಅನಿಲವನ್ನು R ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಪುನರುಜ್ಜೀವಿತ (regenerative) ನಾಳಿಕೆಗಳ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿಸಬೇಕು. ಇದನ್ನು ಆವರಿಸುವ G ಪ್ರದೇಶವು ಉಪಕರಣದಿಂದ ವಾಪಸಾಗಿ ಹಿಂತಿರುಗುತ್ತಿರುವ ಕಡಿಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಅನಿಲದಿಂದ ತಂಪುಗೊಳಿಸಲ್ಪಡುತ್ತಿದೆ. ಇದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು


ಚಿತ್ರ 77
ದೇವಾರ್ ಉಪಕರಣ

ಸುಮಾರು-170°C ಇರುವುದು. R ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಅನಿಲವು A ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಅಲ್ಲಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಆಸರೆ (chamber) ಯಲ್ಲಿಟ್ಟಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ನಾಳಿಕೆ B ಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯುತ್ತದೆ. A ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರ ಆವರಣವಾದ E ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಎರಡನೆ ಆವರಣ F ನಲ್ಲಿ 10 Cm ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯು ಬಾಷ್ಪರೂಪದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಾಗಲು, F ಆವರಣಕ್ಕೆ ಒಂದು ಪಂಪ್ P ಒಡನೆ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡಿರುತ್ತದೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಕ್ರಮಗಳಿಂದ, ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು—200°C ಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಉಷ್ಣಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿದ ಅನಿಲವು C ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು, ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ನಾಸಾಗ್ರದ (N) ಮೂಲಕ ಹೊರಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಕಾಸದಿಂದ ಶೀತಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಅನಿಲವು ಮತ್ತೆ F ಮತ್ತು E ಗಳ ಮೂಲಕ ವಾಪಸಾಗುವಾಗ ಅಲ್ಲಿರುವ ನಾಳಿಕೆಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಇನ್ನೂ ಕೆಳಮಟ್ಟಕ್ಕೆ ಇಳಿಸುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಕೆಲವು ಆವರ್ತ (Cycles) ಗಳ ನಂತರ, N ಮೂಲಕ ಹೊರಬೀಳುವ ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವು—250°C ಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಅದು ದ್ರವರೂಪದಲ್ಲಿ D ಎಂಬ ದೇವಾರ್ ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ಶೇಖರವಾಗುತ್ತದೆ. ದ್ರವ ಜಲಜನಕವು ಪಾರದರ್ಶಕವಾಗಿಯೂ, ವರ್ಣರಹಿತವಾಗಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ.

ಒಂದು ವರ್ಷದ ನಂತರ ದೇವಾರ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮುಂದುವರೆಸಿ ಘನ ಜಲಜನಕವನ್ನು (Solid Hydrogen)—259°C ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ತಯಾರುಮಾಡಿದನು.

ಅರ್ಕಾನಿಲವನ್ನು (Helium) ದ್ರವೀಕರಿಸುವ ವಿಧಾನ

ಸುಮಾರು 10 ವರ್ಷಗಳ ಕಾಲ ಸಂಶೋಧನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿ, ಕೊನೆಗೆ ಕ್ರಿ. ಶ. 1908ರಲ್ಲಿ (Kammerlingh Onnes) ಕ್ಯಾಮರ್ಲಿಂಗ್ ಆನೆಸ್ ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, ಜೂಲ್ ಥಾಂಸನ್ ವಿಧಾನದಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಿ ಸಫಲನಾದನು. ಈ ಅನಿಲದ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ಈ ರೀತಿ ಇವೆ.

T_c (ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶ) —268°c = 5°A
p_c (ಪರ್ವ ಒತ್ತಡ) 2.3 ವಾಯುಮಾನಗಳು
ಸಾಧಾರಣ ಬಾಷ್ಪ ಬಿಂದು (Normal Boiling Point) } —268.8°c = 4.2°A

ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿ ವಿಶೇಷ ವಿಧಾನಗಳಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನು 17°A ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿ, ನಂತರ ಜೂಲ್ ಥಾಂಸನ್ ವಿಧಾನದ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ದ್ರವೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಯಿತು.

ಕ್ರಿ. ಶ. 1926ರಲ್ಲಿ (Keesom) ಕೀಸಂ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನು 130 ವಾಯುಮಾನಗಳ ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ, ದ್ರವೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂನಿಂದ ಆವರಿಸಿ, ನಂತರ ವಿಕಾಸಗೊಳಿಸುವುದರ ಮೂಲಕ, ಘನ ಹೀಲಿಯಂ (Solid Helium) ಉತ್ಪನ್ನವಾಗಲು ಸಾಧ್ಯವಾಯಿತು. ಇದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಸುಮಾರು 1°A ಇರುತ್ತದೆ.

ಸಮೋಷ್ಣ ವಿಕಾಸ ವಿಧಾನಗಳು (Adiabatic Expansion Process)

ಅನಿಲದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮೊಟ್ಟಮೊದಲು ಅದರ ಪರ್ವ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕಿಂತ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಸಿ, ನಂತರ ಅದನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ತರುವಾಯ ಸಮೋಷ್ಣ (adiabatic) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ವಿಕಾಸಹೊಂದುವಂತೆ ಮಾಡಿದರೆ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಇಳಿದು ದ್ರವವಾಗುವ ಸಂಭವವಿರುತ್ತದೆ.

ಇದೇ ವಿಧಾನವನ್ನೇ ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಕ್ಲಾಡ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಮೊದಲು ಗಾಳಿಯನ್ನು ದ್ರವೀಕರಿಸಲು ಉದ್ಯುಕ್ತನಾದನು. ಆದರೆ, ಇತ್ತೀಚೆಗೆ ಹಿಂದೆಯೇ ವಿವರಿಸಲಾಗಿರುವ ಲಿಂಡ್ (Linde) ವಿಧಾನವೇ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿ ಕಂಡುಬಂದಿದೆ.

ಈಗ ಶೀತೋತ್ಪಾದಕ ಯಂತ್ರಗಳ (Refrigerating Machines)ಲ್ಲಿ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯವಾದುವುಗಳ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಕೃತಕವಾಗಿ ಶೀತಲ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿ ಮಾಡಿದರೆ, ಅಂಥ ಆವರಣದಲ್ಲಿಟ್ಟ ಹಣ್ಣು ಹಂಪಲುಗಳು ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಕೆಡುವುದಿಲ್ಲ. ಮಂಜುಗೆಡ್ಡೆ ಗಟ್ಟಿಗಳನ್ನು (Blocks of ice) ತಯಾರು ಮಾಡಲು ಕೂಡ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತವೆ.

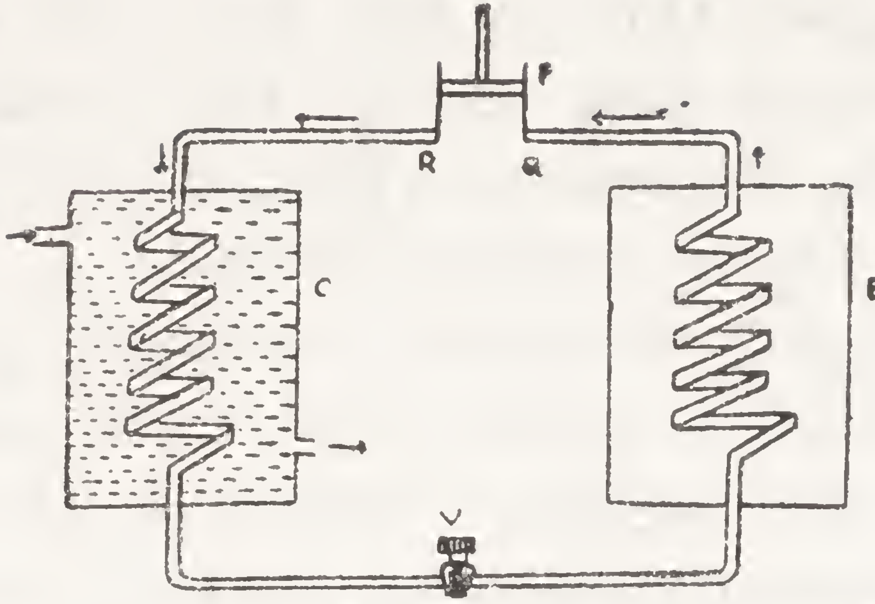
ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಮೂಲ ತತ್ತ್ವಗಳು ಎರಡು.

(i) ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಪಟ್ಟ ಅನಿಲವು ಸಮೋಷ್ಣ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಿಕಾಸ ಹೊಂದಿದರೆ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ.

(ii) ದ್ರವವನ್ನು ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಬಾಷ್ಪೀಕರಿಸಿದರೆ ಶೀತೋತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಎರಡು ವಿಧ. (a) ಸಂಕೋಚಕ ಯಂತ್ರ (Compression machines) ಮತ್ತು (b) ಗ್ರಾಹಕ ಯಂತ್ರಗಳು (Absorption machines) ಸಂಕೋಚಕ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಒಂದು ಮೋಟಾರನ್ನು (motor compressor) ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಬಾಷ್ಪ (Vapour)ವನ್ನು ಸಂಕೋಚಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಮಾದರಿಯ ಯಂತ್ರದಲ್ಲಿ ಶೀತಕ (refrigerant) ವಸ್ತುವಿನ ದುರ್ಬಲ ದ್ರಾವಣ (dilute solution)ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ. ಅದರಲ್ಲಿ ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡದ ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿ ಹೊರದೂಡಲಾಗುತ್ತದೆ.

ಇವೆರಡರಲ್ಲಿ ಸಂಕೋಚಕ ಯಂತ್ರಗಳೇ ಹೆಚ್ಚು ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿವೆ. (Frigidaire) ಫ್ರಿಜಿಡ್‌ಏರ್ ಎಂಬುದು ಈ ಮಾದರಿಯದು. ಇದರಲ್ಲಿ ಸಲ್ಫರ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್ (Sulphur Dioxide) ಅನಿಲವನ್ನು ಶೀತಕ ವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ (Refrigerant) ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಯಂತ್ರದ ಚಿತ್ರವನ್ನು ಚಿತ್ರ 78ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ. P ಎಂಬುದು ಒಂದು ಪಂಪ್. ಇದನ್ನು ಒಂದು ಎಲೆಕ್ಟ್ರಿಕ್ ಮೋಟಾರಿನಿಂದ ಚಾಲನ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದರಿಂದ ಶೀತಕ ವಸ್ತುವು ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಸಂಕೋಚಪಡಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. P ಸಿಲಿಂಡರಿನಲ್ಲಿ ಎರಡು ಕವಾಟಗಳು (Valves) Q ಮತ್ತು R ಇವೆ. Q ಮೂಲಕ ಬಾಷ್ಪಕಾರಕ ಆವರಣ (evaporator) Eಯಿಂದ ಬರುವ ಬಾಷ್ಪವು ಎಳೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. R ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆ ಹೋಗುವ ಬಾಷ್ಪವು C ಎಂಬ ಕಂಡೆನ್ಸರ್‌ಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. Pನಲ್ಲಿರುವ ಪಿಸ್ಟನ್ ಮೇಲಕ್ಕೆ ಹೋಗುವಾಗ, ಸಿಲಿಂಡರಲ್ಲಿನ ಒತ್ತಡವು ಕಡಮೆಯಾಗಿ, Q ತೆರೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ. ಅದರ ಮೂಲಕ ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡದ ಬಾಷ್ಪವು ಒಳಗೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಪಿಸ್ಟನ್ (P) ಕೆಳಕ್ಕೆ ಬರುವಾಗ, Q ಮುಚ್ಚಿ, R ತೆರೆಯುತ್ತದೆ. ಅದರ



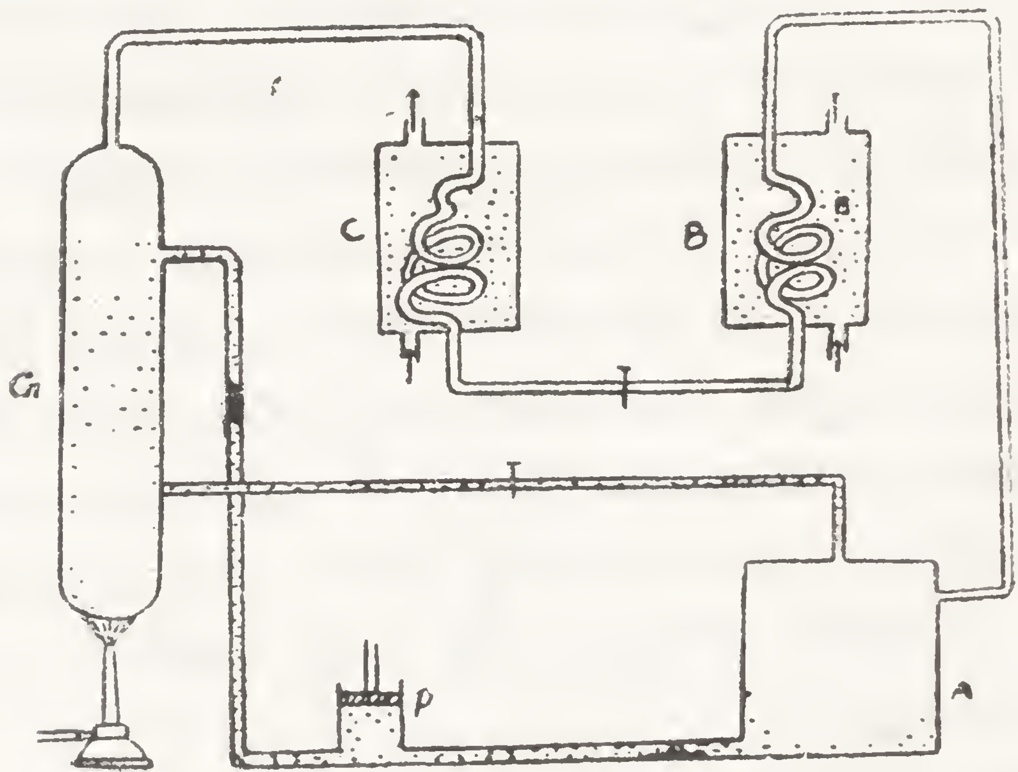
ಚಿತ್ರ 78
ಶೀತಲೀಕರಣ ಯಂತ್ರ (Refrigerator)

ಮೂಲಕ ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡಕ್ಕೆ ಒಳಗಾದ ಬಾಷ್ಪವು ಹೊರಗೆ ಹೋಗುತ್ತದೆ. C ಕಂಡೆನ್ಸರ್ (Condenser) ಸುತ್ತಲೂ, ಶೀತ ನೀರು ಆವರಿಸಿರುವುದರಿಂದ, ಇದರಲ್ಲಿರುವ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ, ಬಾಷ್ಪವು ಹಾಯುವಾಗ, ಅದು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೆ ಬರುತ್ತದೆ. ಈ ದ್ರವ ವಸ್ತುವು V ಎಂಬ ನಿಯಂತ್ರಣ ಕವಾಟ (Regulator Valve) ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವಾಗ, ಹೆಚ್ಚು ಒತ್ತಡ ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಕಡಮೆ ಒತ್ತಡ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಇದರ ದೆಸೆಯಿಂದ ವಸ್ತುವು E ಮೂಲಕ ಹಾಯುವಾಗ ಅದು ಬಾಷ್ಪರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಪರಿವರ್ತನೆಗೆ ಬೇಕಾದ ಗುಪ್ತೋಷ್ಣ (Latent Heat)ವು E ಸುತ್ತಲೂ ಆವರಿಸಿರುವ ಉಪ್ಪುನೀರು (Brine-Water) ಆವರಣದಿಂದ ಒದಗಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಆ ಆವರಣವು ಶೀತಲವಾಗು (Cooled)ತ್ತದೆ. ಇಲ್ಲಿಂದ ಮುಂದಕ್ಕೆ ಹೋದ ಬಾಷ್ಪವು ಮತ್ತೆ Q ಮೂಲಕ ಸಿಲಿಂಡರಿನ ಒಳಕ್ಕೆ ಹೊಕ್ಕು ಮತ್ತೆ ಆವರ್ತವು (Cycle) ಪ್ರಾರಂಭವಾಗುತ್ತದೆ.

ಹೆಚ್ಚು ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಮಂಜುಗಡ್ಡೆಗಟ್ಟಿಗಳನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡುವ ಯಂತ್ರಗಳಲ್ಲಿ, ಸಲ್ಫರ್ ಡೈಯಾಕ್ಸೈಡ್‌ಗೆ ಬದಲಾಗಿ ಅಮೋನಿಯಾ (Ammonia) ಬಾಷ್ಪವನ್ನು ಶೀತಕವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಮೇಲೆ ಹೇಳಿದಂತೆ, ಉಪ್ಪುನೀರು ಆವರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವಾಗ

ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು O°C ಗಿಂತ ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿದು ನಂತರ ಈ ದ್ರಾವಣ ವನ್ನು ಮತ್ತೊಂದು ದೊಡ್ಡ ಆಶಯಕ್ಕೆ (Tank) ಬಿಡುತ್ತಾರೆ. ಇಲ್ಲಿ ಆಯಾಕೃತಿಯ (Rectangular) ತಟ್ಟೆಗಳು ಜೋಡಿಸಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ. ಇವು ಗಳಲ್ಲಿ ನೀರು ಹೆಪ್ಪುಗಟ್ಟಿ, ಮಂಜುಗಟ್ಟೆಗಳಾಗುತ್ತವೆ.

ಎಲೆಕ್ಟ್ರೊಲಕ್ಸ್ (Electrolux) ಎಂಬ ಯಂತ್ರವು ಗ್ರಹಣವಿಧಾನ (Absorption)ವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಲ್ಲಿ ಅಮೋನಿಯಾ ಬಾಷ್ಪವನ್ನೇ ಶೀತಕ ವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ನೀರನ್ನೇ ಗ್ರಾಹಕ ವಸ್ತುವನ್ನಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ. ಏಕೆಂದರೆ, 16°C ಉಷ್ಣಾಂಶ ದಲ್ಲಿ ನೀರು ತನ್ನ ಗಾತ್ರಕ್ಕಿಂತ 1000 ಪಾಲು ಗಾತ್ರದ ಅಮೋನಿಯ ಬಾಷ್ಪ ವನ್ನು ಗ್ರಹಿಸಬಲ್ಲುದು. ಮತ್ತೆ ಈ ಅಮೋನಿಯ ದ್ರಾವಣವನ್ನು 27°C ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಏರಿಸಿದರೆ, ಅಮೋನಿಯ ಬಾಷ್ಪವು ಸುಲಭವಾಗಿ ಹೊರಗೆ ಬಂದುಬಿಡುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನದ ನಿರೂಪಣೆಯನ್ನು ಚಿತ್ರ 79ರಲ್ಲಿ ಕಾಣ ಬಹುದು.

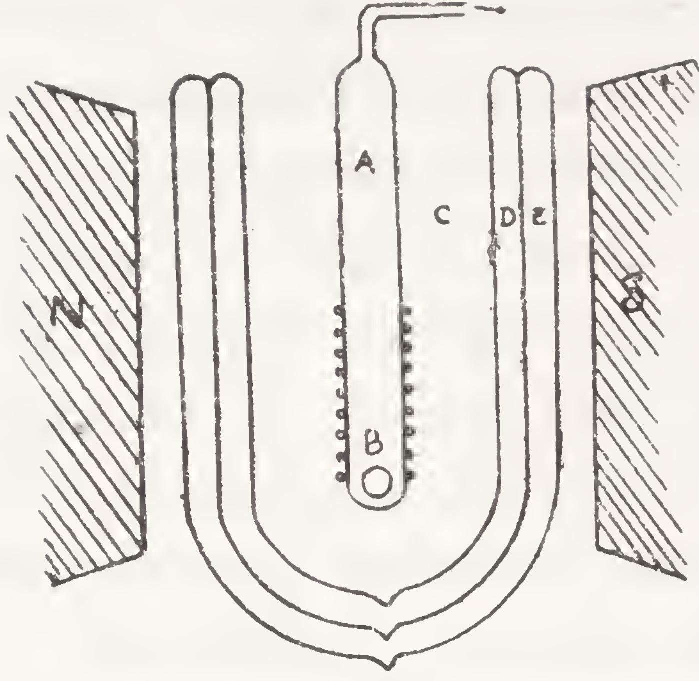


ಚಿತ್ರ 79
Ammonia Absorption Machine

ಅತಿ ಶೀತೋತ್ಪಾದನೆ—ಅತ್ಯಂತ ಕನಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶವಾದ ನಿರಪೇಕ್ಷ ಶೂನ್ಯ ಬಿಂದು (Absolute Zero)ವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಲು ಅನೇಕ ಪ್ರಯತ್ನ

ಗಳು ನಡೆದಿವೆ. ಇವುಗಳಲ್ಲಿ ಅತಿಮುಖ್ಯವಾದ ವಿಧಾನವೆಂದರೆ, ಸಮೋಷ್ಣ ಕಾಂತಾಪಕರ್ಷಕ (Adiabatic Demagnetisation) ವಿಧಾನವೇ. ಈಗಾಗಲೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ, ಕೀಸಂ ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಮೆರ್ಲಿಂಗ್ ಆನೆಸ್ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ತಮ್ಮ ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ಹೀಲಿಯಂ ಅನಿಲವನ್ನು ದ್ರವರೂಪಕ್ಕೂ ಘನರೂಪಕ್ಕೂ ಪರಿವರ್ತಿಸುವ ಮೂಲಕ, O.°79 A ಮತ್ತು 0.°82 A ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಮುಟ್ಟಿಸಿದರು. ಕ್ರಿ. ಶ. 1926ರಲ್ಲಿ ಡೀಬೈ (Debye) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, ಇನ್ನೂ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಹೊಸ ವಿಧಾನದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದನು. ಒಂದು ಪ್ಯಾರಾಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಿಕ್ ಲವಣ (Paramagnetic salt)ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದನ್ನು ಬಲವಾದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರಕ್ಕೆ (Magnetic field) ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತದೆ. ಹೀಗಿರುವ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಅತಿ ಶೀಘ್ರದಲ್ಲಿಯೇ ಕಾಂತಾಪಕರ್ಷಣ (demagnetised adiabatically)ಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಬಹಳ ಮಟ್ಟಿಗೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರಯೋಗವನ್ನು ಗ್ಯಾಡೋಲಿನಂ ಸಲ್ಫೇಟ್ (Gadolinum Sulphate) ವಸ್ತುವಿನೊಂದಿಗೆ, ದ್ರವೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂನ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ ಮಾಡಿ, ಸೈಮನ್, ಕುರ್ತಿ (Simon & Kurti) ಮುಂತಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಕ್ರಿ. ಶ. 1931ರಲ್ಲಿ O.°25 A ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಮುಟ್ಟಿಸಿದರು. ಇದೇ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ ಕ್ರಿ. ಶ. 1944ರಲ್ಲಿ ಡಿ ಹ್ಯಾಸ್ (de Haas) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು, ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಅಲ್ಯೂಮಿನಿಯಂ ಸಲ್ಫೇಟನ್ನು (double sulphate of Potassium and Aluminium) ಉಪಯೋಗಿಸಿ, o°.002 A ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲು ಸಫಲನಾದನು.

ಈ ವಿಧಾನದ ಉಪಕರಣವನ್ನು ಚಿತ್ರ 80ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ. A ಎಂಬ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯಲ್ಲಿ B ಎಂಬ ಪ್ಯಾರಾಮ್ಯಾಗ್ನೆಟಿಕ್ ವಸ್ತುವನ್ನು (ಗ್ಯಾಡೋಲಿನಂ ಸಲ್ಫೇಟಿನ ಚೂರ್ಣದ ಗೋಳ) ಇಟ್ಟಿದೆ. ಇದನ್ನು ಆವರಿಸಿರುವ C, D, E ಎಂಬ ದೇವಾರ್ ಪಾತ್ರೆಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂ, ದ್ರವೀಕೃತ ಜಲಜನಕ, ಮತ್ತು ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿ—ಇವುಗಳು ಕ್ರಮವಾಗಿ ಇರುತ್ತವೆ. ಈ ಎಲ್ಲ ಉಪಕರಣವನ್ನೂ



ಚಿತ್ರ
ಸಮೋಷ್ಣ ಕಾಂತಾಪಕರ್ಷಕ ವಿಧಾನ
(Adiabatic Demagnetisation)

NS ಎಂದು ತೋರಿಸಿರುವ ಒಂದು ಪ್ರಬಲಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರದಲ್ಲಿ ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಮೊದಲು, 10,000 ಗೌಸ್ (10,000 gauss) ಪ್ರಮಾಣದ ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗ ಮಾಡಿದಾಗ, ವಸ್ತುವು ಇದರ ಬಲದಿಂದ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ. A ಒಳಗೆ, ಜಲಜನಕವನ್ನು ಬಿಟ್ಟು, ನಂತರ ಪ್ರಬಲ ಪಂಪಿನಿಂದ ಹೊರಗೆ ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟರೆ, ವಸ್ತುವಿನ ಶಾಖವನ್ನೆಲ್ಲ ಎಳೆದ ಹಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ, Cನಲ್ಲಿರುವ ದ್ರವ ಹೀಲಿಯಂನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತದೆ—ಕಾಂತಕ್ಷೇತ್ರವನ್ನು ಅಪಕರ್ಷಣ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ವಸ್ತುವಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕುಗ್ಗುತ್ತದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ವಿಶೇಷ ಸಾಧನಗಳಿಂದ ಅಂದಾಜು ಮಾಡಬಹುದು. ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲ್ಪಟ್ಟವು.

ಅತಿ ಕನಿಷ್ಠ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಯಾವ ರೀತಿಯ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು ಉಪಯುಕ್ತವಾಗುತ್ತವೆ ಅವುಗಳ ತತ್ತ್ವಗಳೇನು ಎಂಬ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಈಗಾಗಲೇ ಮೊದಲನೆ ಅಧ್ಯಾಯದಲ್ಲಿ ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ತಾತ್ತ್ವಿಕ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಇಷ್ಟು ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳ ಉತ್ಪಾದನೆಯು ಎಷ್ಟು ಸ್ವಾರಸ್ಯವಾಗಿದೆಯೋ, ನಿತ್ಯ ವ್ಯವಹಾರ ದೃಷ್ಟಿ

ಯಲ್ಲಿಯೂ ಅವುಗಳ ಉಪಯುಕ್ತತೆಯು ಅಷ್ಟೇ ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಕಂಡು ಬಂದಿವೆ.

ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿ ಮತ್ತು ಇತರ ಅನಿಲಗಳು ಪ್ರಯೋಗಶಾಲೆಗಳಲ್ಲಿ ಬಹಳ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿವೆ. ಆಮ್ಲಜನಕವನ್ನು ಬಹಳ ದೊಡ್ಡ ಪ್ರಮಾಣಗಳಲ್ಲಿ ತಯಾರುಮಾಡುವ ಆಧುನಿಕ ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ ದ್ರವೀಕೃತ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುವುದೇ ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ. ಹೀಲಿಯಂ, ನಿಯಾನ್, ಆರ್ಗಾನ್ ಮೊದಲಾದ ಅಪೂರ್ವ ಅನಿಲಗಳನ್ನು ಪ್ರತ್ಯೇಕಿಸಲೂ ಸಹ ಇದೇ ವಿಧಾನವೇ ಬಳಕೆಯಲ್ಲಿದೆ.

ಈ ಅತಿ ಕನಿಷ್ಟ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ (Specific heat)ಗಳು ಹೇಗೆ ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುತ್ತವೆ ಯೆಂಬುದರ ವಿಷಯಗಳಲ್ಲಿ ವಿಶೇಷ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟಿವೆ.

ದ್ರವೀಕೃತ ಅನಿಲಗಳ ಸಹಾಯದಿಂದ, ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ವಾಯು ಶೂನ್ಯತೆ (High Vacuum)ಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

ಅತ್ಯಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ವಸ್ತುಗಳ ಕೆಲವು ಗುಣಗಳು (properties) ಬಹಳ ವಿಶಿಷ್ಟ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಾಡು ಹೊಂದುತ್ತವೆ. —180°C ಮತ್ತು ಕೆಳಗಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ರಾಸಾಯನಿಕ ಕ್ರಿಯೆಗಳು ನಿಂತು, ಜೀವ ಮತ್ತು ಸಸ್ಯ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ಕೆಡದಂತೆ ಕಾಪಾಡಲು ಸಾಧ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಹತ್ತಿ, ಉಣ್ಣೆ, ತೊಗಲು ಮೊದಲಾದ ವಸ್ತುಗಳನ್ನು ದ್ರವ ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ. ಹೊಳಪು ಕೊಡುತ್ತವೆ (Fluoresce)—ರಬ್ಬರ್ ಮತ್ತು ಗಾಜು ವಸ್ತುಗಳು ಸುಲಭವಾಗಿ ಪುಡಿಮಾಡಬಹುದಾದಷ್ಟು ಪೆಡಸಾ (Brittle)ಗುತ್ತವೆ. O°A ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಸಮೀಪಿಸಿದಷ್ಟೂ, ಎಲ್ಲ ವಸ್ತುಗಳ ಅಣುಶಾಖ (Atomic Heat)ದ ಪ್ರಮಾಣಗಳೂ ಶೂನ್ಯ Zero) ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಮುಟ್ಟುವಂತೆ ತೋರುತ್ತದೆ.

ಮತ್ತೊಂದು ಆಶ್ಚರ್ಯಕರವಾದ ವಿಷಯವೇನೆಂದರೆ, O°A ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಸಮೀಪದ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಲೋಹ ವಸ್ತುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್

ನಿರೋಧ ಶಕ್ತಿ (Electrical Resistance)ಯೂ ಅತ್ಯಗಾಧವಾದ ಇಳಿತವನ್ನು ತೋರಿಸುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಅತಿ ವಾಹಕತ್ವ (Super-conductivity) ಎಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ತವರದ ತಂತಿಯ ಮೂಲಕ 3°A ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವಾಗ 1000 ಆಂಪೈರ್ ವಿದ್ಯುತ್ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ಘಂಟೆ ಗಟ್ಟಲೆ, ಪ್ರವಹಿಸಿದರೂ, ಗಮನಾರ್ಹವಾದ ಶಾಖೋತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವುದಿಲ್ಲ. ಅಂದರೆ ಆ ಲೋಹದ ವಿದ್ಯುತ್ ನಿರೋಧವು ಅತ್ಯಲ್ಪವಾಗಿರುವುದನ್ನು ಸೂಚಿಸುತ್ತದೆ.

ದ್ರವೀಕೃತ ಹೀಲಿಯಂ ವಸ್ತುವು 2°A ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ವಿಚಿತ್ರ ವರ್ತನೆಯನ್ನು ತೋರ್ಪಡಿಸುತ್ತದೆ. 2°A ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ ಸಾಮಾನ್ಯ ಹೀಲಿಯಂ I ವಸ್ತುವು ತಟಕ್ಕನೆ ಹೀಲಿಯಂ II ರೂಪಕ್ಕೆ ಪರಿವರ್ತಿತವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಸ ರೂಪದ ದ್ರವಕ್ಕೆ ಯಾವಸ್ನಿಗ್ಧತೆ (Viscosity)ಯೂ ಇರುವಂತೆ ಕಾಣುವುದಿಲ್ಲ. ಎಷ್ಟು ಅತ್ಯಲ್ಪ ವ್ಯಾಸದ ನಾಳಿಕೆ (Capillary-tube) ಯ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸಲೂ, ಯಾವ ಪ್ರತಿಬಂಧಕವೂ ಇಲ್ಲದಂತೆ ಸರಾಗವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಹೊಸ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅತಿದ್ರವತೆ. (Superfluidity)ಯೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು—ಇದಕ್ಕೆ ಸಾಕಷ್ಟು ತೃಪ್ತಿಕರವಾದ ಸಮರ್ಥನೆಯು ದೊರೆತಿಲ್ಲ.

ತಾಂತ್ರಿಕ ಸಂಸ್ಥೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಗಣಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಕೂಡ, ಅತಿ ಹೆಚ್ಚಾದ ಪ್ರಮಾಣದಲ್ಲಿ ಆಮ್ಲ ಜನಕವನ್ನು ತಯಾರುಮಾಡಲು ದ್ರವ ಗಾಳಿಯನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸುವ ಯಂತ್ರಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

ಕೊನೆಯದಾಗಿ ಮಾನವನು ತನ್ನ ಸುತ್ತಮುತ್ತಲಿನ ಆವರಣವನ್ನು ಒಂದು ಸುಖಕರ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಮಾರ್ಪಡಿಸಲು ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ನಿಯಂತ್ರಣ ಸಾಧನಗಳನ್ನು (Air Conditioning Machines) ನಿರ್ಮಿಸಿದ್ದಾನೆ. ಒಂದು ನಿಯತವಾದ ಪ್ರದೇಶದ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಸುಖಕರವಾಗಿಡಬೇಕಾದರೆ, ಅಲ್ಲಿಯ ಗಾಳಿಯ ಚಲನೆಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಗುಣಗಳನ್ನು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಅವಧಿಗಳಲ್ಲಿರುವಂತೆ ಹತೋಟಿಮಾಡಬೇಕು. ಈ ಅವಧಿಗಳು ಕೆಳಗಿನ ರೀತಿಯಲ್ಲಿರಬೇಕು.

ಗಾಳಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ—75°F to 77°F

ಸಾಪೇಕ್ಷ ಆರ್ದ್ರತೆ (Relative Humidity) } 60 to 65%

ಗಾಳಿಯ ಚಲನೆ—25 to 75 ft per min.

ಶುದ್ಧ ಗಾಳಿಯ ಚಲನೆ, ಸುಮಾರು 25%

ಗಾಳಿಯನ್ನು ನಿರ್ವಾಸನೆಯನ್ನಾಗಿಯೂ, ಶುದ್ಧವಾಗಿಯೂ, ಇಡಲು, ಅಯೊನೈಸೇಷ್ರ ವಿಧಾನ (Ionization)ಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಶೀತ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಶಾಖವನ್ನು ಉತ್ಪತ್ತಿಮಾಡಲು, ವಿದ್ಯುತ್ ಸಾಧನಗಳನ್ನೂ, ಉಷ್ಣ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ತಣ್ಣಗಿರಲು, ಶೀತೋತ್ಪಾದಕ (Refrigerators) ಯಂತ್ರಗಳನ್ನೂ ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕು.

ಈ ಎಲ್ಲ ಅಂಶಗಳನ್ನು ಶಾಸ್ತ್ರೀಯವಾಗಿ ಅಳತೆಮಾಡಿ, ಸಾಧನಗಳನ್ನು ನಿರ್ಮಾಣಮಾಡಲು ಹಲವಾರು ಯಂತ್ರಗಳು ಈಗಾಗಲೇ ನಿರ್ಮಿತವಾಗಿ, ಹೊರಗಿನ ಪ್ರಕೃತಿಯ ವಾತಾವರಣವು ಏನೇ ಇರಲಿ, ಒಂದು ನಿಯತ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ವಾತಾವರಣವನ್ನು ಸುಖಮಯ ಮಾಡಲು, ಮಾನವನು ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಫಲಕಾರಿಯಾಗಿದ್ದಾನೆ.

10 ಉಷ್ಣ ವಹನ (Conduction of Heat)

ಉಷ್ಣ ಅಥವಾ ಶಾಖವು ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಪಸರಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಮೂರು ಮುಖ್ಯ ವಿಧಾನಗಳಿವೆ.

(i) ಉಷ್ಣ ವಹನ (Conduction)

(ii) ಉಷ್ಣ ನಯನ (Convection)

(iii) ಉಷ್ಣ ಪ್ರಸರಣ (Radiation)

ಈ ಮೂರು ವಿಧಾನಗಳಲ್ಲಿ, ಉಷ್ಣವಹನವೆಂಪರೆ; "ಅಸಮವಾಗಿ (unequally heated) ಕಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ವಸ್ತುವಿನಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶ ಭಾಗಗಳಿಂದ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಭಾಗಗಳಿಗೆ ಉಷ್ಣವು ಹರಿಯುವ ವಿಧಾನ." ಈ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಶಾಖದ ವಿನಿಮಯವು ವಸ್ತುವನ್ನೆಲ್ಲ ಆವರಿಸಿದರೂ, ವಸ್ತುವಿನ ಯಾವುದೇ ಭಾಗವಾಗಲಿ ಕಣ್ಣಿಗೆ ಕಾಣುವಂತೆ ಚಲಿಸುವುದಿಲ್ಲ. ಮುಖ್ಯವಾಗಿ ಘನ ವಸ್ತುಗಳೆಲ್ಲವೂ, ಈ ಉಷ್ಣ ವಹನ ವಿಧಾನದಿಂದಲೇ ಕಾಯಿಸಲ್ಪಡುತ್ತವೆ.

ಎರಡನೆಯ ವಿಧಾನವಾದ ಉಷ್ಣನಯನದಲ್ಲಿ, ಶಾಖವು ಒಂದು ಕಡೆಯಿಂದ ಇನ್ನೊಂದು ಕಡೆಗೆ ಚಲಿಸುವುದನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಒಂದು ಚಂಚು ಪಾತ್ರೆ (Beaker)ಯಲ್ಲಿ ನೀರನ್ನು ಇಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಉರಿಯ ಮೇಲೆ ಇಟ್ಟರೆ, ನೀರು ಸಮಗ್ರವಾಗಿ ಕಾಯುವ ವಿಧಾನವನ್ನು ಅದರ ತಳದಲ್ಲಿ ಪೊಟಾಸಿಯಂ ಪರ್ಮ್ಯಾಂಗನೇಟ್ ಹರಳುಗಳನ್ನಿಟ್ಟಿದ್ದರೆ, ಆ ಬಣ್ಣದ ನೀರು ಚಲಿಸುವ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ತಳಭಾಗದ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮೊದಲು ಏರಿ, ಅದರ ಸಾಂದ್ರತೆಯು ಕಡಮೆಯಾಗಿ, ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏರುತ್ತದೆ. ಆ ಭಾಗದ ಬಣ್ಣದ ನೀರು ಮೇಲಕ್ಕೆ ಏಳುವುದನ್ನು ನೋಡಬಹುದು. ಆ ಭಾಗವನ್ನು ಆಕ್ರಮಿಸಲು, ಮೇಲಿರುವ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ, ಹಾಗೂ ಹೆಚ್ಚು ಸಾಂದ್ರತೆಯ, ನೀರು ಕೆಳಕ್ಕೆ ಇಳಿಯುತ್ತದೆ. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ನೀರಿನ ಕಣಗಳೇ ಒಂದು ಪ್ರದೇಶದಿಂದ ಮತ್ತೊಂದು ಪ್ರದೇಶಕ್ಕೆ ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ

ಭಾಗದ ವಸ್ತುವಿನ ಚಲನದಿಂದಲೇ ಶಾಖವು ಒಯ್ಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ, ದ್ರವ ಮತ್ತು ಅನಿಲ ವಸ್ತುಗಳು ಕಾಯಲ್ಪಡುವುದು ಈ ವಿಧಾನದಿಂದ.

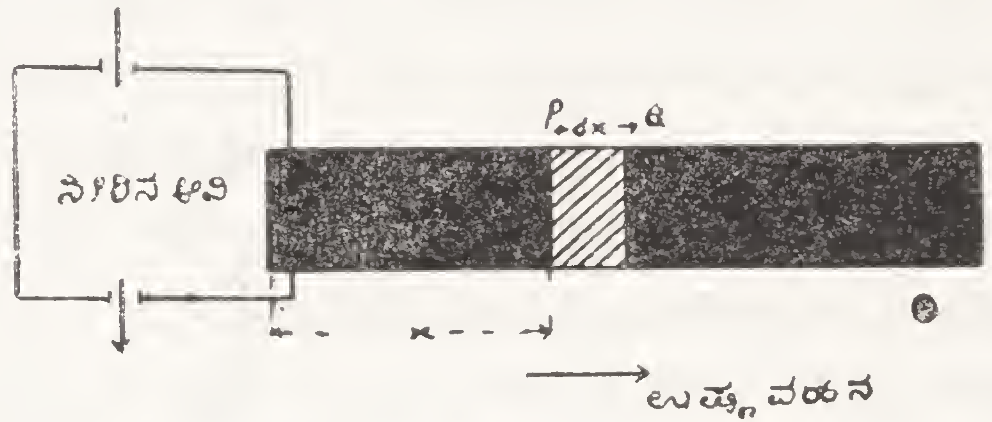
ಸೂರ್ಯನಿಂದ ನಮಗೆ ಶಾಖವು ಪ್ರಸಾರವಾಗುವುದೇ ಮೂರನೇ ಪ್ರಸರಣ (Radiation) ವಿಧಾನಕ್ಕೆ ಉದಾಹರಣೆಯಾಗಿದೆ. ಲಕ್ಷಾಂತರ ಮೈಲಿಗಳ ದೂರದಲ್ಲಿರುವ ಸೂರ್ಯನಿಗೂ ಭೂಮಿಗೂ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿ ಬಹುಭಾಗವು ಶೂನ್ಯಪ್ರದೇಶ (Vacuum) ವೇ ಆಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದರೂ ಕೂಡ, ಶಾಖವು ಇಷ್ಟು ಅಗಾಧವಾದ ದೂರವನ್ನು ಬೆಳಕಿನ ವೇಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರಯಾಣ ಮಾಡಿ ನಮಗೆ ಬಂದು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಈ ವಿಧಾನವು ಹಿಂದೆ ತಿಳಿಸಿದ ವಿಧಾನಗಳಿಗಿಂತ ಭಿನ್ನವಾಗಿದೆ. ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Maxwell) ವಿವರಿಸಿರುವಂತೆ : ಈ ಪ್ರಸರಣ ವಿಧಾನದಲ್ಲಿ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಸ್ತುವು ಶಾಖವನ್ನು ಕಳೆದುಕೊಳ್ಳುತ್ತದೆ ಮತ್ತು ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವಸ್ತುವು ಶಾಖವನ್ನು ಪಡೆಯುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಇವೆರಡರ ಮಧ್ಯೆ ಇರುವ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಮಾತ್ರ ಶಾಖವನ್ನು ಪಡೆಯುವುದಿಲ್ಲ. ಉಷ್ಣ ಪ್ರಸಾರಕ್ಕೆ ಮಧ್ಯವರ್ತಿಯು ಜಡವಸ್ತುವಿನ ರೂಪದಲ್ಲಿರಬೇಕೆಂಬ ನಿಯಮವಿಲ್ಲ. ಶೂನ್ಯ ಪ್ರದೇಶವಾದರೂ, ಪ್ರಸಾರವಾಗುತ್ತದೆ. ಕಾಲ್ಪನಿಕವಾಗಿ, ಸರ್ವವ್ಯಾಪಿಯಾದ ಈ (Eether) ಎಂದು ಹೆಸರುಳ್ಳ ಮಧ್ಯವರ್ತಿ ಇದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯುವುದು ಸಂಪ್ರದಾಯವಾಗಿದೆ.

ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕ (Thermal Conductivity)

ಶಾಖದ ವಹನದ ವಿಚಾರದಲ್ಲಿ ಕೂಲಂಕಷವಾಗಿ ಪರಿಶೀಲನೆಗಳನ್ನು ನಡೆಸಿದವನು ಫುರಿಯರ್ (Fourier) ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿ. ಅವನು ಅನುಸರಿಸಿದ ಮಾರ್ಗವನ್ನು ಈಗ ವಿಮರ್ಶೆ ಮಾಡೋಣ.

ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಮತ್ತು ಒಂದೇ ಅಡ್ಡಳತೆ (Uniform Cross section) ಯ ಲೋಹದ ಕಂಬಿ ಅಥವಾ ದಂಡ (Bar) ವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. ಇದರ ಒಂದು ತುದಿಯನ್ನು ನೀರಿನ ಆವಿ (Steam) ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಆವರಣದಲ್ಲಿಟ್ಟು ಅದನ್ನು ಕಾಯಿಸಿದರೆ, ಶಾಖವು ಈ ಕಾಯಿ

ಸಿದ ಕೊನೆಯಿಂದ ಹಿಡಿದು ಕಂಬಿಯ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುವ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಈ ವಹನವು ಯಾವ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ಈಗ ಪರಿಶೀಲಿಸಬಹುದು. ಕಾಯಿಸಿದ ತುದಿಯಿಂದ ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ದೂರದಲ್ಲಿ (x) ಲೋಹದ ಕಂಬಿಯ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತುಂಡನ್ನು (dx ಉದ್ದವೆಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳೋಣ) ಗಣನೆಗೆ ತೆಗೆದುಕೊಂಡು ಅದರಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಪರಿಣಾಮವನ್ನು ನೋಡಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 81

ಉಷ್ಣವಹನ

ಈ ತುಂಡಿಗೆ ಇರುವ ಎರಡು ಮುಖಗಳಲ್ಲಿ (Faces) ಒಂದು ಕಾಯಿಸಿದ ತುದಿಗೆ ಹತ್ತಿರ ಇರುವುದರಿಂದ ಹೆಚ್ಚು ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, ಇನ್ನೊಂದು ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಕಾಲದ ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಶಾಖದ ಕೊನೆಯಿಂದ ಬರುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯಿಂದ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣಕ್ಕಿಂತ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇವೆರಡರ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು ಎರಡು ವಿಧದಲ್ಲಿ ಹಂಚಿಕೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ಒಂದು ಭಾಗವು ತುಂಡಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸುವುದರಲ್ಲಿಯೂ, ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗವು ತುಂಡಿನ ಹೊರಭಾಗದಿಂದ ಪ್ರಸರಣ (Radiation) ವಾಗುವುದರಲ್ಲಿಯೂ ವ್ಯಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಮೇಲೆ, ಹೊರಭಾಗದಿಂದ ಪ್ರಸರಣವಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರಮಾಣವು ಹೆಚ್ಚುತ್ತಹೋಗಿ ತುಂಡಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಉಷ್ಣವು ಒಂದು ನಿಯತ ಪ್ರಮಾಣ (Constant) ಕ್ಕೆ ಬಂದು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿಯು ಬರುವ

ವರೆವಿಗೂ ಇರುವ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಅಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯೆಂದೂ, ನಂತರ ಉಳಿಯುವ ಸ್ಥಿತಿಯನ್ನು ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯೆಂದೂ ಕರೆಯಬಹುದು. ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು (Steady state) ಬಂದಮೇಲೆ, ತುಂಡಿನ ಒಂದು ಮುಖದಿಂದ ಬರುವ ಶಾಖಕ್ಕೂ, ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖದ ಮೂಲಕ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ಶಾಖಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸವೆಲ್ಲವೂ, ಕೇವಲ, ಹೊರಭಾಗದಿಂದ ಪ್ರಸರಣವಾಗುವ ಶಾಖಕ್ಕೆ ಸಮನಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಮೇಲೆ ಲೋಹದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ನಾವು ಅಳೆದರೆ, ಅವುಗಳಲ್ಲಿ ಇದರ ನಂತರ ಯಾವ ಏರುವಿಕೆಯೂ ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಶಾಖದ ಕೊನೆಯಿಂದ ಹಿಡಿದು ಇನ್ನೊಂದು ಕೊನೆಯವರೆವಿಗೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಒಂದು ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ಇಳಿತದ (ಪ್ರವಣತೆ) ಮಟ್ಟವನ್ನು (temperature gradient) ಹೊಂದಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಈ ಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ನಾವು ಕಂಬಿಯ ಯಾವುದೇ ಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದರೂ, ಅದು ಕಾಯಿಸಿದ ಕೊನೆಯಿಂದ ಇರುವ ದೂರ (x) ವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆಯೇ ಹೊರತು, ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ (t) ಬದಲಾವಣೆ ಹೊಂದುವಂತಿಲ್ಲ. ಆದ್ದರಿಂದ ಈ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಮೇಲೆ, ಶಾಖವಹನವು ಆ ಲೋಹದ ವೈಯಕ್ತಿಕ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ (Specific heat) ದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸುವುದಿಲ್ಲ.

ಈ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ಕಂಬಿಯ ಅಡ್ಡಳತೆಯು A ಆಗಿದ್ದು, ಅದರ ಕಾಯಿಸಿದ ಕೊನೆಗೂ ಇನ್ನೊಂದು ತುದಿಗೂ ಇರುವ ಉದ್ದ l ಇದ್ದರೆ, ಈ ಎರಡು ಕೊನೆಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು θ_2 ಮತ್ತು θ_1 ಆಗಿದ್ದರೆ,

ಲೋಹದ ಯಾವುದಾದರೂ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ತುಂಡಿನ ಮೂಲಕ 't' ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವ 'Q' ಎಂಬ ಶಾಖ ಪ್ರಮಾಣವು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

$$Q \propto A \cdot \frac{(\theta_1 - \theta_2)}{l} \cdot t.$$

ಅಥವಾ $Q=K \cdot A \cdot \frac{\theta_1-\theta_2}{l} \cdot t.$

ಇಲ್ಲಿ 'K' ಎಂಬುದು ಲೋಹದ ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕ (Thermal Conductivity) ವೆಂದು ಕರೆಯಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ವಿವರಿಸಬೇಕಾದರೆ, $A=1$sq. cm $(\theta_1-\theta_2)=1°c$; $l=1$cm ; ಮತ್ತು $t=1$ sec ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಂಡರೆ, $Q=K$ ಆಗುತ್ತದೆ.

$\frac{\theta_1-\theta_2}{l}=$ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ಮಟ್ಟ (Temperature gradient)

1sq cm ಅಡ್ಡಳತೆಯ, 1 cm. ದಪ್ಪದ ವಸ್ತುವಿನ ಎರಡು ಮುಖಗಳಿಗೂ ಇರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $1°C$ ಆಗಿದ್ದರೆ, I sec ಅಂತರದಲ್ಲಿ, ಈ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲಕ, ವಹನವಾಗುವ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕವೆಂದು ಕರೆಯಬಹುದು. (K)

ಸಾಮಾನ್ಯ ವಿವರಣೆಯಲ್ಲಿ ವಸ್ತುವಿನ ತುಂಡಿನ ಎರಡು ಕಡೆಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸವು $d\theta$, ದಪ್ಪವು dx ಆಗಿದ್ದರೆ,

$\frac{d\theta}{dx}=$ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ಮಟ್ಟ.

ಇದು ಇಳಿತವೆಂಬುದನ್ನು ತೋರಿಸಲು $-\frac{d\theta}{dx}$ ಎಂದು ತಿಳಿಸುವುದು ವಾಡಿಕೆಯಾಗಿದೆ.

$$Q=-K \cdot A \cdot \frac{d\theta}{dx} t.$$

ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣವಹನವನ್ನು ವಿವರಿಸುವ ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣ.

'K' ಗುಣಾಂಕದ ಪರಿಮಾಣವನ್ನು (Dimentions) ಕಂಡು ಹಿಡಿಯಲು

$k=\frac{Q}{A \cdot \frac{d\theta}{dx} \cdot t}$ ಎಂದು ಬರೆದು. Q ಎಂಬುದು ಶಕ್ತಿ (Energy)

ಯ ಪರಿಮಾಣ ML^2T^{-2} ಆಗಿರುವುದರಿಂದ

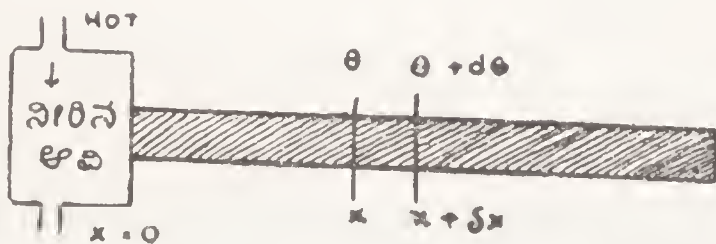
$$[K]= \frac{M^1L^2T^{-2}L}{L^2\cdot\theta\cdot T} = M^1L^1T^{-3}\theta^{-1}$$

ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಪೂರ್ವಭಾವಿಯಾಗಿರುವ ಅಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ಕಂಬಿಯ ಒಂದೊಂದು ಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವೂ ಏರುತ್ತಲೇ ಇರುವುದು. ಈ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಕೆಯ ದರವು (rate of increase of temperature) ಒಂದೊಂದು ಲೋಹಕ್ಕೂ ಬೇರೆ ಬೇರೆಯಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಇದು ಆ ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ (s) ಮತ್ತು ಸಾಂದ್ರತೆ (ρ) ಯ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನೂ (k) ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಇದನ್ನು ಸೂಚಿಸಲು 'h' ಎಂಬ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸುತ್ತಾರೆ.

$$h= \frac{K}{\rho s}.$$

'h' ಎಂಬುದನ್ನು ಉಷ್ಣಾಂಶವಹನ ಸಾಮರ್ಥ್ಯ (Thermo-metric Conductivity) ವೆಂದು ಮ್ಯಾಕ್ಸ್‌ವೆಲ್ (Maxwell) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಕರೆಯುತ್ತಾನೆ. ಕೆಲ್ವಿನ್ (Kelvin) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಅದನ್ನು ಉಷ್ಣವ್ಯಾಪಕ ಗುಣಾಂಕ (Thermal diffusivity) ವೆಂದು ಕರೆಯುತ್ತಾನೆ.

ಈಗ ಮೇಲೆ ಹೇಳಿರುವ ವಿಷಯಗಳನ್ನು ಗಣಿತ ಶಾಸ್ತ್ರದ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ತತ್ತ್ವನಿರೂಪಣೆಗೆ ಒಳಪಡಿಸಿ ಉಷ್ಣವಹನಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣಗಳನ್ನು ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಬೇಕು.



ಚಿತ್ರ ೮೨
ಉಷ್ಣವಹನದ ಸಮೀಕರಣ ನಿರೂಪಣೆ

ಒಂದು ಉದ್ದವಾದ ಲೋಹದ ದಂಡವನ್ನು (Bar) ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಒಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ಕಾಯಿಸೋಣ. ಈ ತುದಿಯನ್ನೇ ನಮ್ಮ ಮೂಲಬಿಂದುವನ್ನಾಗಿಟ್ಟುಕೊಂಡು, ಲೋಹದ ದಂಡದ ಉದ್ದಕ್ಕೂ X—ಅಕ್ಷ (x-axis) ವಿದೆಯೆಂದು ತಿಳಿಯೋಣ.

ಕಂಬಿಯ PQ ಎಂಬ ಒಂದು ಸಣ್ಣ ಭಾಗದ ಮೂಲಕ ಪ್ರವಹಿಸುವ ಶಾಖವನ್ನು ಪರೀಕ್ಷಿಸಬೇಕು. ಕಾಯಿಸಿದ ತುದಿ O ಬಿಂದುವನ್ನು X=O ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸಿದರೆ, $OP=x$ ಮತ್ತು $OQ=x+\delta x$. ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು. ನಮ್ಮ ಸಮೀಕ್ಷೆಗೆ ಒಳಗಾಗಿರುವ ವಿಭಾಗ (Section) ವು P ಮತ್ತು Q ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ PQಗೆ ಲಂಬವಾಗಿರುವ ಎರಡು ಸಮಾನಾಂತರ ಸಮತಲಗಳ (Parallel planes perpendicular to the length of the bar) ನಡುವೆ ಇರುವ ಭಾಗವಾಗಿರುತ್ತದೆ. P ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸುತ್ತಲ ಆವರಣಕ್ಕಿಂತ θ ಹೆಚ್ಚಾಗಿಯೂ, $\frac{d\theta}{dx}$ ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ಮಟ್ಟವಾಗಿಯೂ ಇರಲಿ. [θ= temperature excess above the surroundings ; $\frac{d\theta}{dx}$ = temperature gradient)

ಹೀಗೆಯೇ, Q ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿ ಸುತ್ತಲ ಆವರಣಕ್ಕಿಂತ ಅಧಿಕವಾಗಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಪ್ರಮಾಣವು.

$\left(\theta+\frac{d\theta}{dx}\cdot\delta x\right)$ ಇರುತ್ತದೆ. ಮತ್ತು ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ಮಟ್ಟದ ಪ್ರಮಾಣವು

$$\frac{d}{dx}\left\{\theta+\frac{d\theta}{dx}\delta x\right\}$$

ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ P ಮೂಲಕ ಆಗಮಿಸುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು H_1 ಆಗಿಯೂ, Q ಮೂಲಕ ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು H_2 ಆಗಿಯೂ ಇದ್ದರೆ,

$$H_1 = -K \cdot A \cdot \frac{d\theta}{dx}$$ (ಹಿಂದೆಯೇ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ) A ಎಂಬುದು

ದಂಡದ ಅಡ್ಡಳತೆಯ ಪ್ರಮಾಣ. ಮತ್ತು

$$H_2 = -K \cdot A \cdot \frac{d}{dx}\left(\theta + \frac{d\theta}{dx}\delta x\right)$$

$$= -KA \cdot \frac{d\theta}{dx} - KA \cdot \frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x$$

ಆದುದರಿಂದ, ಈ ವಿಭಾಗದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ಲಾಭವಾಗುವ (gain of heat) ಶಾಖದ ಪ್ರಮಣವು $(H_1 - H_2) =$

$$-K \cdot A \cdot \frac{d\theta}{dx} - \left\{-KA \cdot \frac{d\theta}{dx} - K \cdot A \cdot \frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x\right\}$$

$$= K \cdot A \cdot \frac{d^2\theta}{dx^2}\delta x$$

ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ (Steady state) ಯು ಏರ್ಪಡುವುದಕ್ಕೆ ಮುಂಚೆ. ಈ ಶಾಖದ ಲಾಭವು ಎರಡು ಬಗೆಯಾಗಿ ವಿನಿಮಯವಾಗುತ್ತದೆ. (1) ವಿಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸಲು ಬೇಕಾಗುವ ಶಾಖ (2) ವಿಭಾಗದ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ಪ್ರಸರಣವಾಗುವ ಶಾಖ.

$$\frac{d\theta}{dt}$$ = ವಿಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರುವಿಕೆಯ ದರ;

s = ವಸ್ತುವಿನ ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ,

ಮತ್ತು ρ = ವಸ್ತುವಿನ ಸಾಂದ್ರತೆ. ಆಗಿದ್ದರೆ, ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ವಿಭಾಗದ (Section) ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರುವಿಕೆಗೆ ಬೇಕಾದ ಶಾಖವು

$$A \cdot \rho \cdot \delta x \cdot s \cdot \frac{d\theta}{dt}$$

p=ವಿಭಾಗದ ಸುತ್ತಳತೆಯಾಗಿಯೂ, E ಎಂಬುದು ಪ್ರಸರಣಶಕ್ತಿ (emissivity) ಯೂ ಆಗಿದ್ದರೆ, ನ್ಯೂಟನ್ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ,

ಒಂದು ಸೆಕೆಂಡಿನಲ್ಲಿ ವಿಭಾಗದ ಹೊರಗಿನಿಂದ ಪ್ರಸರಣವಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವು

$E \cdot p \cdot \delta x \cdot \theta$ ಇರುತ್ತದೆ.

ಇವೆರಡನ್ನೂ ಒಟ್ಟುಗೂಡಿಸದರೆ,

$$K \cdot A \frac{d^2\theta}{dx^2} \delta x = A \cdot \rho \cdot \delta x \cdot S \frac{d\theta}{dt} + Ep \cdot \delta x \cdot \theta$$

ಅಥವಾ, $$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{\rho s}{K} \frac{d\theta}{dt} + \frac{Ep}{K \cdot A \cdot} \theta$$

ಅಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಗೆ ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟ ಉಷ್ಣವಹನದ ಮುಖ್ಯ ಸಮೀಕರಣವಿದು. ಇದರ ಆಧಾರದಿಂದ ಕೆಲವು ವಿಶಿಷ್ಟ ಸಂಗತಿಗಳನ್ನು ನಿರೂಪಿಸಬಹುದು.

(a) ಲೋಹದ ದಂಡದ ಹೊರ ಮೈಯಿನಿಂದ ಶಾಖವು ಪ್ರಸರಣವಾಗದಂತೆ ನಿಷೇಧಿಸಿದರೆ. ಸಮೀಕರಣದ ಎರಡನೆಯ ಟರ್ಮ್ (Term) ಶೂನ್ಯವಾಗಿ,

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{\rho s}{K} \frac{d\theta}{dt}$$

ಅಥವಾ. $$\frac{d\theta}{dt} = \frac{K}{\rho s} \cdot \frac{d^2\theta}{dx^2} = h \cdot \frac{d^2\theta}{dx^2}$$

$h = \frac{K}{PS}$ = ಉಷ್ಣವ್ಯಾಪಕ ಗುಣಾಂಕ (Coefficient of diffusivity).

(b) ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿ ಬಂದಮೇಲೆ, ವಿಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರುವಿಕೆಯು ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ ಆದ್ದರಿಂದ $\frac{d\theta}{dt} = O \cdot$

ಇದರಿಂದ ಸಮೀಕರಣದ ಮೊದಲನೆಯ ಟರ್ಮ್ ಶೂನ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{Ep}{KA} \cdot \theta = \mu^2\theta$$

ಇಲ್ಲ $\mu^2 = \frac{Ep}{AK}$ ಹೊರಭಾಗದಿಂದ ಉಷ್ಣದ ಪ್ರಸರಣವು ನಾಗುತ್ತಿರುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವಿದು.

(c) ಹೊರಗೆ ಹೋಗದಂತೆ ಶಾಖವನ್ನೂ ತಡೆದು, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯೂ ಏರ್ಪಡುವ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = O$$ ಆಗಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಅಂದರೆ, $\frac{d\theta}{dx} = c =$ ನಿಯತಾಂಕ

ಈ ವಿಶೇಷಸಂದರ್ಭವು ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಸರ್ಲ್ ಉಪಕರಣಕ್ಕೆ (Searle's Conductivity Box) ಅನ್ವಯಿಸುತ್ತದೆ. ಅಖಂಡ ಲೋಹದ ದಂಡವನ್ನು ಒಂದು ದಪ್ಪವಾದ ಉಣ್ಣೆಯ ಹೊದಿಕೆಯಿಂದ ಆವರಿಸಿ, ಇದನ್ನು ಒಂದು ಮರದ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಅಳವಡಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಮಾಡುವುದರಿಂದ, ಮೇಲ್ಮೈಯಿನಿಂದ ಶಾಖ ನಷ್ಟವನ್ನು ತಡೆದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ, ಲೋಹದ ಒಂದು ಕೊನೆಯನ್ನು ಒಂದು ನೀರಿನ ಬಾಷ್ಪ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಿಂದ ಆವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಒಂದು ತಾಮ್ರದ ಸುರಳಿಯಂತಿರುವ ನಾಳಿಕೆಯಿಂದ ಆವರಿಸಿ, ಆ ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ, ತಣ್ಣೀರನ್ನು ಒಂದು ನಿಯಮಿತರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಿರುತ್ತದೆ.

ಹೀಗಿರುವಾಗ, $\frac{d^2\theta}{dx^2} = o$. (ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ)

$$\frac{d\theta}{dx} = A^1$$

$\theta = A'x + B'$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಕಾಯಿಸಿದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ $x = 0$, $\theta = \theta_0$

$\therefore \quad \theta_0 = B^1$

ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು θ_1 ಇದ್ದರೆ

$x = b$; $\theta = \theta_1$

$$\therefore \quad \theta_1 = A'b + B' = A^1 b + \theta_0$$

$$\therefore \quad A' = \frac{\theta_1 - \theta_0}{b} = - \frac{\theta_0 - \theta_1}{b}$$

$$\therefore \quad \theta = \theta_0 - \frac{\theta_0 - \theta_1}{b} \cdot x$$

ಈ ಸಮೀಕರಣದಿಂದ, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ದಂಡದ ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಏರ್ಪಡುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು.

ಈಗ (b) ನಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿತವಾಗಿರುವ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಳ್ಳೋಣ. $\left[\frac{d^2\theta}{dx^2} = \mu^2\theta \right]$

ಇದರಲ್ಲಿ, ಲೋಹದ ದಂಡವು ಯಾವ ಶಾಖನಿರೋಧಕ ವಸ್ತುವಿನಿಂದಲೂ ಆವೃತವಾಗಿಲ್ಲದೆ ಇರುವುದರಿಂದ, ಮೇಲ್ಮೈನಿಂದ ಶಾಖದ ಪ್ರಸರಣ (radiation) ಕ್ಕೆ ಅವಕಾಶವಿದೆ. ಇಂಥ ಸಂದರ್ಭದಲ್ಲಿ, ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯ ಸಮೀಕರಣವು ಹೀಗಿರುತ್ತದೆ.

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = \frac{Ep}{KA} \cdot \theta = \mu^2\theta$$

ಇದನ್ನು ಬಿಡಿಸಿದರೆ,

$$\theta = Ae^{\mu x} + Be^{-\mu x}$$

ಎಂಬ ರೂಪಕ್ಕೆ ತರಬಹುದು.

A ಮತ್ತು B ನಿಯತಾಂಕಗಳ ಬೆಲೆಗಳನ್ನು ಆವರಣ ಸೂತ್ರಗಳಿಂದ (Boundary Conditions) ನಿರ್ಧರಿಸಿಬೇಕು.

ಬಹಳ ಉದ್ದವಾದ ದಂಡ (Infinitely long bar) ವೆಂದು ಗಣಿಸಿದರೆ,

ಕಾಯಿಸಿದ ಕೊನೆಯಲ್ಲಿ $x=0 \cdot \theta=\theta_0$ ಮತ್ತು ದೂರದ ತುದಿಯಲ್ಲಿ $x=\infty$, $\theta=0$ (ಅಂದರೆ, ಆವರಣದ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿರುತ್ತದೆ)

$\therefore \quad \theta_0=A+B \cdot$

$\therefore \quad 0=Ae^{\infty}$. ಅಂದರೆ, $A=0$

$\because \quad \theta_0=B$

ಅಥವಾ $\quad \theta=\theta_0 e^{\mu x}$

x ಅಂದರೆ, ಕಾಯಿಸಿದ ಕೊನೆಯಿಂದ ದೂರ, ಆ ಪ್ರದೇಶದಲ್ಲಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ – ಇವೆರಡನ್ನೂ ಸಂಬಂಧಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವಿದು.

ಲೋಹದ ಕಂಬಿಗೆ ಬದಲಾಗಿ, ಲೋಹದ ಒಂದು ಗೋಳವನ್ನು (Sphere) ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅದರ ಕೇಂದ್ರವನ್ನು ಶಾಖಕ್ಕೆ ಒಳಪಡಿಸಿದರೆ, ಶಾಖವು ಅಲ್ಲಿಂದ ವ್ಯಾಪಿಸಿ ಮೂರು ಗಾತ್ರಗಳಲ್ಲಿಯೂ. (three dimensions) ವಹನ ವಾಗಲು ಅವಕಾಶವಿರುತ್ತದೆ.

ಇದಕ್ಕೆ ಅನ್ವಯಿಸುವ ಸಮೀಕರಣವು ಈ ರೀತಿ ಇರುತ್ತದೆ.

$$K\left[\frac{d^2\theta}{dx^2}+\frac{d^2\theta}{dy^2}+\frac{d^2\theta}{dz^2}\right]=\rho s\frac{d\theta}{dt}$$

ಅಥವಾ $$\frac{d\theta}{dt}=\frac{K}{\rho s}\left(\frac{d^2\theta}{dx^2}+\frac{d^2\theta}{dy^2}+\frac{d^2\theta}{dz^2}\right)$$

$$=\frac{K}{PS}\triangleleft^2\theta \quad (\triangleleft^2 = \text{ಲಪ್ಲಾಸ್ ಸಂಜ್ಞೆ})$$

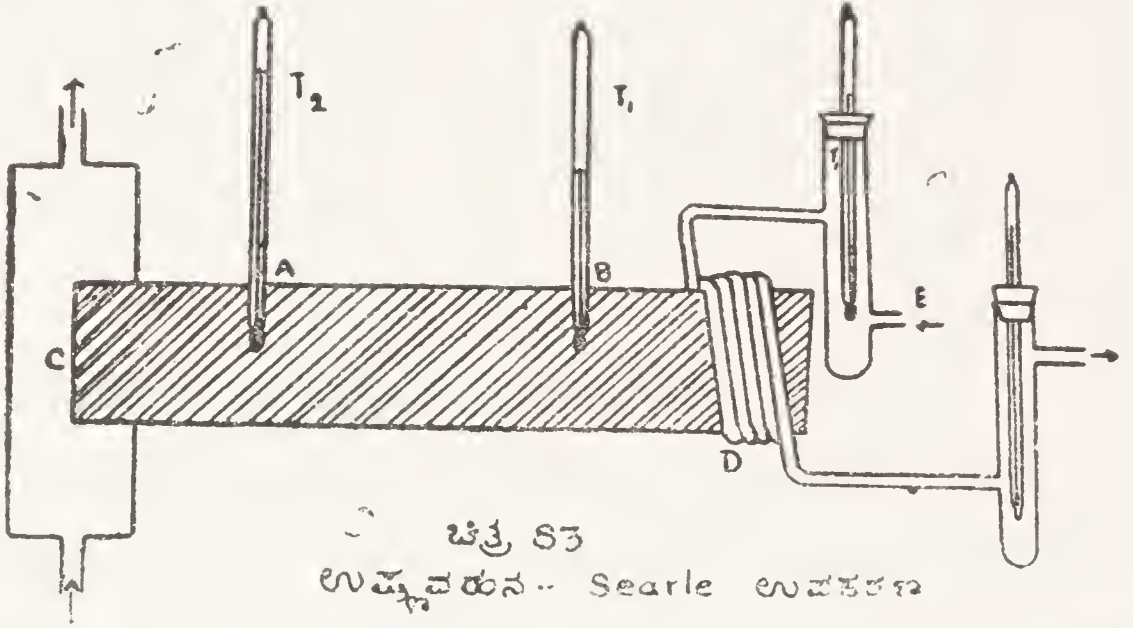
ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ.

$\triangleleft^2\theta=0$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಈಗ ವಹನ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವ ಕೆಲವು ಮುಖ್ಯ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಬಹುದು.

i) ಸರ್ಲ್ ಉಪಕರಣ (Searle's apparatus)

ಈಗಾಗಲೇ ಈ ಉಪಕರಣದ ತತ್ತ್ವವನ್ನು ವಿವರಿಸಲಾಗಿದೆ. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 83 ದಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 83
ಉಷ್ಣವಹನ - Searle ಉಪಕರಣ

C D ಎಂಬುದು ಒಂದು ಲೋಹದ ಕೊಳವೆ ಆಕೃತಿಯ ಸ್ತಂಭ (Cylindrical Rod). ಸುಮಾರು 30cm ಉದ್ದ. 4cm ವ್ಯಾಸ—ಇದರ ಒಂದು ತುದಿ A ಯನ್ನೂ ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಆವರಣದಿಂದ ಸುತ್ತುಗಟ್ಟಲ್ಪಟ್ಟಿದೆ. ಮತ್ತೊಂದು ಕೊನೆಯಾದ D ಯನ್ನು W ಎಂಬ ಆವರಣದಿಂದ ಆವರಿಸಿ, W ಮೂಲಕ ಒಂದು ಗೊತ್ತಾದ ನಿಯಮಿತರೀತಿಯಲ್ಲಿ ತಣ್ಣೀರನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗಿದೆ. T_3 ಮತ್ತು T_4 ಎಂಬುವು ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳು. ಇವುಗಳ ದೆಸೆಯಿಂದ ನೀರು ಒಳಕ್ಕೆ ಪ್ರವೇಶಿಸುವಾಗಲೂ ಹೊಂದಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬಹುದು. A ಮತ್ತು B ಎಂಬ ಎರಡು ಜಾಗಗಳಲ್ಲಿ ರಂಧ್ರಗಳನ್ನು ಕೊರೆದು ಅವುಗಳಲ್ಲಿ T_1 ಮತ್ತು T_2 ಎಂಬ ಎರಡು ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಿರುವುದರಿಂದ, ಆ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಲು ಸಹಾಯಕವಾಗುತ್ತದೆ. ಲೋಹದ ಸ್ತಂಭದ ಹೊರಮೈಯಿನಿಂದ ಯಾವ ಶಾಖವೂ ನಷ್ಟವಾಗದಂತೆ, ದಪ್ಪ ಉಣ್ಣೆಹೊದಿಕೆಯಿಂದ ಆವರಿಸಿ ಒಂದು ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯಲ್ಲಿ ಮುಚ್ಚಿಡಲಾಗಿದೆ. C ಮೂಲಕ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನೂ, W ಮೂಲಕ ತಣ್ಣೀರಿನ ಪ್ರವಾಹವನ್ನೂ ಬಿಡುವುದ

ರಿಂದ ಸ್ವಲ್ಪಕಾಲವಾದ ಮೇಲೆ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದು ನಿರ್ಧರವಾದ ಮೇಲೆ, 4 ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಲ್ಲಿಯೂ (T_1, T_2, T_3, T_4) ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು. ಇವುಗಳು θ_1, θ_2, θ_3 ಮತ್ತು θ_4 ಆಗಿರಬಹುದು.

W ಆವರಣದಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುವ ನೀರನ್ನು t secs ಅಂತರದಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಅದನ್ನು ತೂಕಮಾಡಿ, m gms. ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸಬೇಕು. T_1 ಮತ್ತು T_2 ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳ ಮಧ್ಯದಲ್ಲಿರುವ ಸ್ತಂಭದ ಉದ್ದ = d cms.

ಅಡ್ಡ ಅಳತೆ = A sq cms.

ಈಗಾಗಲೇ ಸ್ಥಿರಪಡಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ

$$m(\theta_4 - \theta_3) = K \cdot A \cdot \frac{\theta_1 - \theta_2}{d} t$$

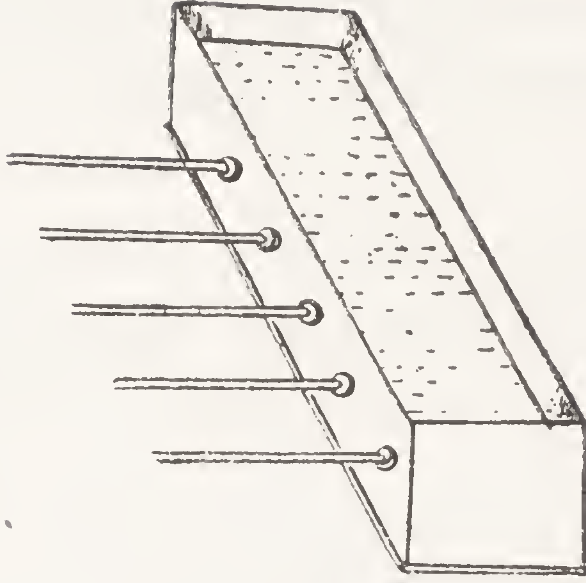
ಅಥವಾ $$K = \frac{m(\theta_4 - \theta_3)\, d}{A(\theta_1 - \theta_2)\, t}$$

ಬಲಗಡೆ ಇರುವ ಅಂಶಗಳೆಲ್ಲಾ ಅಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ ವಸ್ತುವಿನ ವಹನ ಗುಣಾಂಕ K ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಸಾಧಾರಣವಾಗಿ, ಲೋಹಗಳೆಲ್ಲವೂ, ಬಹಳ ವಹನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ ಅವುಗಳಿಗೆಲ್ಲ ಈ ಉಪ ಕರಣವು ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ.

(ii) ಇಂಗೆನ್‌ಹೌಸ್ (Ingenhausz) ಉಪಕರಣ

ವಿವಿಧ ಲೋಹಗಳ ವಹನ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಹೋಲಿಸಲು ಅನು ಕೂಲವಾಗುವ ಅತಿ ಸರಳ ಉಪಕರಣವಿದು. ಇದನ್ನು ಚಿತ್ರ 84 ರಲ್ಲಿ ನಿರೂಪಿಸಿದೆ.

ಒಂದೇ ಆಕಾರದ, ಒಂದೇ ಗಾತ್ರದ ವಿವಿಧ ಲೋಹಗಳ ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ತೆಗೆದುಕೊಂಡು, ಅವುಗಳ ಮೇಲ್ಮೈಗಳನ್ನು ಒಂದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಪಾಲಿಷ್ ಮಾಡಬೇಕು. ಅಂದರೆ, ಲೋಹದ ರಚನೆಯೊಂದನ್ನು ಬಿಟ್ಟರೆ, ಇವುಗಳು ಎಲ್ಲ ವಿಧದಲ್ಲಿಯೂ ಸಮಾನವಾಗಿರಬೇಕು. ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಪಾತ್ರೆಯ



ಚಿತ್ರ 84

ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕಗಳ ಹೋಲಿಕೆ
Ingenhausz. ಉಪಕರಣ

ಒಂದು ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಕ್ರಮವಾಗಿ, ಮಾಡಿರುವ ರಂಧ್ರಗಳ ಮೂಲಕ ಈ ಎಲ್ಲ ಲೋಹದ ಕಂಬಿಗಳನ್ನು ಒಳಕ್ಕೆ ನೂಕಬೇಕು. ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಚಾಚಿಕೊಂಡಿರುವ ಭಾಗಗಳನ್ನೆಲ್ಲಾ ತೆಳುವಾದ ಮೇಣದಿಂದ ಸವರಬೇಕು. ಈ ಲೇಪನವು ಎಲ್ಲ ಕಂಬಿಗಳಿಗೂ ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿರಬೇಕು. ಹೀಗಿರುವಾಗ. ದೊಡ್ಡಪಾತ್ರೆಯೊಳಗೆ ಕುದಿಯುವ ನೀರನ್ನು ತುಂಬಿದರೆ, ಸ್ವಲ್ಪ ಹೊತ್ತಿನ ಮೇಲೆ ಶಾಖವು ಎಲ್ಲಿ ಲೋಹದ ಕಂಬಿಗಳ ಮೂಲಕವೂ ವಹನವಾಗಿ ಒಂದು ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಆಗ ಒಂದೊಂದು ಕಂಬಿಯಲ್ಲಿಯೂ, $l_1, l_2, l_3, \ldots$cm ಎಂದು ಗುರ್ತಿಸುವಂತೆ ವಿವಿಧ ದೂರಗಳವರೆವಿಗೂ ಮೇಣವು ಕರಗಿರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ಎಲ್ಲ ಕಂಬಿಗಳ ಒಂದು ಕೊನೆಯು, ಕುದಿಯುವ ನೀರಿನ ಒಂದೇ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ_0 (ಆವರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅದಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ) ವಾಗಿದ್ದು, $l_1, l_2, l_3, \ldots$cm ಉದ್ದಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಮೇಣದ ಕರಗುವ ಬಿಂದು (melting point) θ_m (ಆವರಣ ಉಷ್ಣಾಂಶಕ್ಕೂ ಅದಕ್ಕೂ ಇರುವ ವ್ಯತ್ಯಾಸ) ಆಗಿರುತ್ತದೆ.

ಹಿಂದೆ (b) ಯಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿರುವ ಸಮೀಕರಣವು ಅನ್ವಯವಾಗಿ,

$$\theta_m = \theta_0 e^{-\mu_1 l_1} = \theta_0 \cdot e^{-\mu_2 l_2} = \theta_0 \cdot e^{-\mu_3 l_3}$$

ಎಂದು ಬರೆಯಬಹುದು.

ಆದ್ದರಿಂದ, $\mu_1 l_1 = \mu_2 l_2 = \mu_3 l_3$; K_1, K_2, K_3....ಎಂಬ ಸಂಖ್ಯೆಗಳು ವಹನ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಸೂಚಿಸಿದರೆ,

$$\mu_1^2 = \frac{E p}{K_1 A}, \mu_2^2 = \frac{E p}{K_2 A},$$

ಇಲ್ಲಿ ಎಲ್ಲ ಕಂಬಿಗಳೂ ಲೋಹದ ರಚನೆಯ ಹೊರತು, ಒಂದೇ ಸಮನಾಗಿ ರುವುದರಿಂದ ಅವೆಲ್ಲಕ್ಕೂ, E, p, A ಒಂದೇ ಆಗಿರಬೇಕು.

$$\frac{\mu_1^2}{\mu_2^2} = \frac{K_2}{K_1}$$

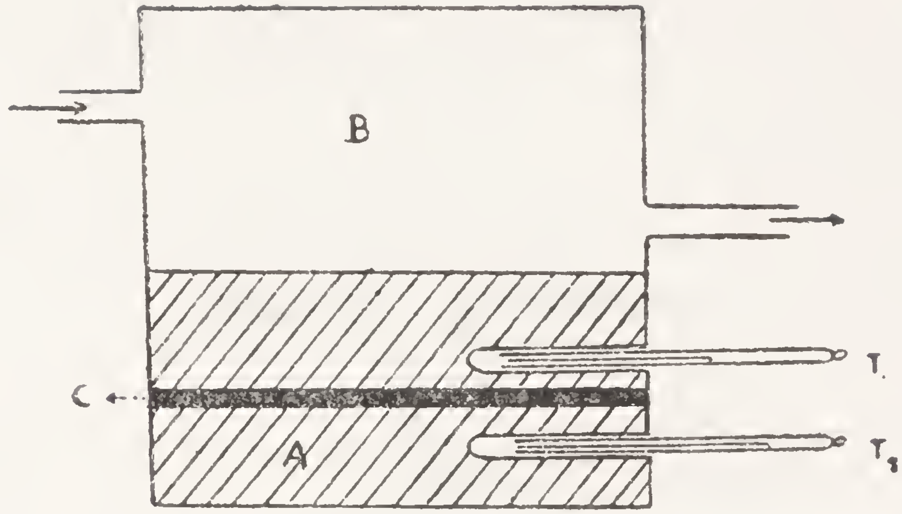
ಆದರೆ. $$\frac{\mu_1^2}{\mu_2^2} = \frac{l_2^2}{l_1^2}$$

$$\frac{K_1}{l_1^2} = \frac{K_2}{l_2^2} = \frac{K_3}{l_3^2} =$$

ಅಥವಾ $K_1 : K_2 : K_3 : .... = l_1^2 : l_2^2 : l_3^2 : ....$ ಯಾವು ದಾದರೂ ಒಂದು ಲೋಹದ ಗುಣಾಂಕ K. ತಿಳಿದರೆ, ಮಿಕ್ಕ ಗುಣಾಂಕ ಗಳೆಲ್ಲವೂ ಸುಲಭವಾಗಿ ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತವೆ.

iii) ಅಲ್ಪ ಉಷ್ಣವಾಹಕ ವಸ್ತುಗಳು (Bad Conductors)

ಗಾಜು, ಕಾರ್ಡ್‌ಬೋರ್ಡ್, ಎಬೊನೈಟ್ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳು ಬಹಳ ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣವಹನ ಶಕ್ತಿಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುವುದರಿಂದ, ಇವುಗಳ ವಹನ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು, ಲೀಸ್ ಮತ್ತು ಕಾರ್ಲ್‌ಟನ್ (Lees and Chorlton)ಎಂಬ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಒಂದು ಹೊಸ ವಿಧಾನವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿದಿರುವರು. ಈ ಉಪಕರಣದ ಚಿತ್ರವನು ಚಿತ್ರ 85 ರಲ್ಲಿ ತೋರಿಸಿದೆ.



ಚಿತ್ರ 85
Lees and Chorlton ಉಪಕರಣ

A ಎಂಬುದು ಒಂದು ದಪ್ಪಗಿರುವ ಚೆನ್ನಾಗಿ ನಿಕ್ಕಲ್ ಪಾಲಿಷ್ ಮಾಡಲ್ಪಟ್ಟ ಹಿತ್ತಾಳೆಯ ಗುಂಡು ತಟ್ಟೆ. ಇದನ್ನು ಮೂರು ಒಂದೇ ಉದ್ದದ ಪಾರಗಳಿಂದ ಒಂದು ಸ್ಟಾಂಡ್‌ಗೆ ನೇತುಹಾಕಿರುತ್ತದೆ. ಚಪ್ಪಟೆಯಾಗಿರುವ ತಟ್ಟೆಯ ಮುಖವು ಸಮತಲ (Horizontal) ಇರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಅಷ್ಟೇ ವ್ಯಾಸದ ಕೀಳು ಉಷ್ಣವಾಹಕ ವಸ್ತು C (ಗಾಜು ಅಥವಾ ಎಬನೈಟ್) ವಿನ ಒಂದು ತೆಳುವಾದ ತಟ್ಟೆ (disc) ಯನ್ನು ಇಟ್ಟಿರುತ್ತದೆ. ಈ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಅದಕ್ಕೆ ಸಮಾನ ವ್ಯಾಸವುಳ್ಳ ಒಂದು ಆವಿ ಪೆಟ್ಟಿಗೆ B (steam chest) ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದರೆ, ದತ್ತ ವಸ್ತುವಿನ (C) ಒಂದು ಮುಖವು ಆವಿಯಿಂದ ಕಾಯಿಸಲ್ಪಟ್ಟು, ಈ ಶಾಖವು ಅದರ ದಪ್ಪದ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗಿ ಅದರ ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖಕ್ಕೆ ಅಂಟಿಕೊಂಡಿರುವ ಹಿತ್ತಾಳೆ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಈ ಹಿತ್ತಾಳೆ ತಟ್ಟೆಯ ಇನ್ನೊಂದು ಮುಖದಿಂದ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ಶಾಖದ ಪ್ರಸರಣ (radiation) ವಾಗುತ್ತದೆ. ದತ್ತ ತಟ್ಟೆಯ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಅಳೆಯಲು, ಆವಿಯ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಕೊರೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ರಂಧ್ರದಲ್ಲಿ ಒಂದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕ (T_1) ಇರುತ್ತದೆ. ಕೆಳಗಡೆಯ ಭಾಗದ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ತಿಳಿಯುವುದಕ್ಕಾಗಿ, ಹಿತ್ತಾಳೆ ತಟ್ಟೆಯ ಪಾರ್ಶ್ವದಲ್ಲಿ ಕೊರೆಯಲ್ಪಟ್ಟ ರಂಧ್ರದ ಮೂಲಕ ಒಂದು ಉಷ್ಣಮಾಪಕ T_2 ಇರುತ್ತದೆ.

ಆವಿಯ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಮೂಲಕ ಆವಿಯನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿದ್ದರೆ, ಶಾಖವು ದತ್ತ ವಸ್ತುವಿನ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗಿ, ಹಿತ್ತಾಳೆ ತಟ್ಟೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಶಾಖದ ಸ್ವಲ್ಪ ಭಾಗವು ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸುವುದಕ್ಕೂ ಇನ್ನೊಂದು ಭಾಗವು ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ನಷ್ಟವಾಗುವುದಕ್ಕೂ ಉಪಯೋಗಿಸಲ್ಪಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ಸ್ಥಿತಿಯು ಮುಂದುವರೆದಂತೆಲ್ಲ, ಸ್ವಲ್ಪ ಕಾಲದಮೇಲೆ, ಕೆಳಗಿನ ಹಿತ್ತಾಳೆ ತಟ್ಟೆಗೆ ದತ್ತವಸ್ತು (C) ವಿನ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗುವ ಶಾಖದ ಪ್ರಮಾಣವೆಲ್ಲವೂ. ಅದರ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳಿಂದಲೂ, ಕೆಳಭಾಗದಿಂದಲೂ ಹೊರ ಆವರಣಕ್ಕೆ ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿತಿ ಏರ್ಪಟ್ಟಾಗ. ಕೆಳಗಿನ ತಟ್ಟೆಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರದೆ, ಸ್ಥಾಯಿಯಾಗಿ (Constant) ನಿಲ್ಲುತ್ತದೆ. ಈ ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ (Steady State) T_1 ಮತ್ತು T_2 ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು. ಇವುಗಳು θ_1 ಮತ್ತು θ_2 ಆಗಿರಲಿ.

ಇದಾದಮೇಲೆ ದತ್ತವಸ್ತು (C) ವನ್ನೂ ತೆಗೆದುಬಿಟ್ಟು. ಕೆಳಗಿನ ತಟ್ಟೆಯನ್ನು (A) ನೇರವಾಗಿ ಆವಿಯ ಪೆಟ್ಟಿಗೆ ಸಂಪರ್ಕಮಾಡಿಸಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು θ_2 ಗಿಂತ ಸುಮಾರು 10° ಗಳಷ್ಟು ಹೆಚ್ಚುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ಹೀಗಾದಮೇಲೆ, ಆವಿಯ ಪೆಟ್ಟಿಗೆಯ ಸಂಪರ್ಕವನ್ನು ತೆಗೆದು A ತಟ್ಟೆಯನ್ನು ಮಾತ್ರ ದಾರಗಳಿಂದ ನೇತುಹಾಕಿ, ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳು ಇಳಿಯುತ್ತಿರುವಾಗ ಒಂದು ನಿಮಿಷದ ಅಂತರಗಳಲ್ಲಿ ಅಳೆದು ಗುರ್ತಿಸಬೇಕು. ಈ ಅಂಕಿಗಳಿಂದ ಒಂದು ಶಾಖ ನಷ್ಟದ ರೇಖೆಯನ್ನು (Cooling Curve) ಎಳೆಯಬೇಕು ಈ ರೇಖೆಯಿಂದ, θ_2^0 ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿ, ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಇಳಿತದ ದರ $\left(\frac{d\theta}{dt}\right)$ ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು. $\frac{d\theta}{dt}$ ಎಂಬುದನ್ನು deg l sec ಮಾನದಲ್ಲಿಡಬೇಕು.

ಈ ಪ್ರಯೋಗಗಳು ಮುಗಿದಮೇಲೆ, C ಮತ್ತು A ತಟ್ಟೆಗಳಗಾತ್ರ ಪ್ರಮಾಣಗಳನ್ನು ಅಳೆಯಬೇಕು

ದತ್ತವಸ್ತು C....ವ್ಯಾಸ—R. ದಪ್ಪ—d.

ಹಿತ್ತಾಳೆ ತಟ್ಟೆ A.... ,, —r. ದಪ್ಪ—t.

A ತಟ್ಟೆಯ ತೂಕ m. ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ—s.

ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಿಂದ ಗೊತ್ತುಮಾಡಿದ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಪ್ರಮಾಣದ ಇಳಿತ=α (deg 1 sce) ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ A ತಟ್ಟೆಗೆ C ಯ ಮೂಲಕ ಬರುವ ಶಾಖವನ್ನೂ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಮೂಲಕ ಹೊರಗೆ ಪ್ರಸರಣವಾಗುವ ಶಾಖವನ್ನೂ ಸಮದೂಗಿಸಿದರೆ,

$$K \cdot \pi R^2 \cdot \frac{_2\theta - _1\theta}{d} = m \cdot s \cdot \left(\frac{d\theta}{dt}\right) \text{at } \theta_2$$

ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ ಕಂಡುಹಿಡಿದ α ಪ್ರಮಾಣವು ಮೇಲ್ಕಂಡ $\frac{d\theta}{dt}$ atθ_2 ಪ್ರಮಾಣದಷ್ಟು ಇರುವುದಿಲ್ಲ. ಏತಕ್ಕೆಂದರೆ ಮೊದಲಿನ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ, A ತಟ್ಟೆಯಕೆಳಗಿನ ಭಾಗದಿಂದಲೂ, ಪಾರ್ಶ್ವದಿಂದಲೂ ಮಾತ್ರ ಶಾಖವು ನಷ್ಟವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಎರಡನೆಯ ಪ್ರಯೋಗದಲ್ಲಿ. A ತಟ್ಟೆಯ ಎರಡು ಮುಖಗಳೂ ಪಾರ್ಶ್ವಗಳೂ ಕೂಡ ಶಾಖದ ನಷ್ಟವನ್ನು ಹೊಂದುತ್ತವೆ.

ಆದ್ದರಿಂದ $$\left(\frac{d\theta}{dt}\right) \text{at}\theta_2 = \alpha \frac{\pi r^2 + 2\pi rt}{2\pi r^2 + 2\pi rt}$$

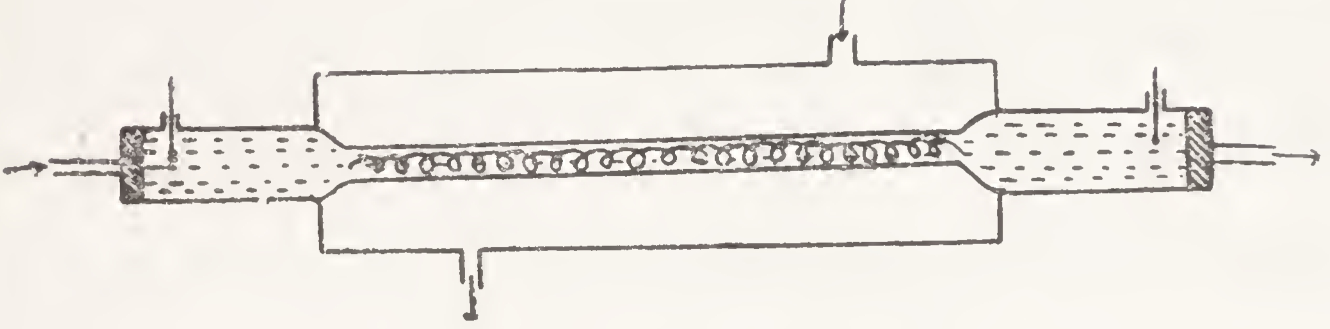
$$= \alpha \frac{(r+2t)}{2(r+t)}$$

ಅಥವಾ, $$K = \frac{m \cdot s \cdot \alpha\, d \cdot (r+2t)}{2\pi R^2 \, (\theta_1 - \theta_2)\,(r+t)}$$

ಬಲಭಾಗದ ಅಂಶಗಳೆಲ್ಲ ಅಳೆಯಲ್ಪಟ್ಟಿರುವುದರಿಂದ 'K' ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

(vi) ಮೇಲಿನ ಲೀಸ್ ಉಪಕರಣವು ಸಣ್ಣ ತಟ್ಟೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಉಪಯೋಗವಾಗುತ್ತದೆ. ಆದರೆ, ಕೊಳವೆ (Cylinrdical tube) ಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರುವ ಗಾಜು ಅಥವಾ ರಬ್ಬರ್ ನಾಳಿಕೆಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾದರೆ, ಉಪಕರಣದಲ್ಲಿ ಸೂಕ್ತ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು.

ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಿ, ಗಾಜಿನ ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕ (K) ವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಲು ಚಿತ್ರದಲ್ಲಿರುವ 86 ಉಪಕರಣವನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬಹುದು.



ಚಿತ್ರ 86 ಗಾಜಿನ ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕ

ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗಡೆ ಒಂದು ಲೋಹದ ಸುರುಳಿ ಉದ್ದಕ್ಕೂ ಇರುತ್ತದೆ. ಇದರ ಎರಡು ತುದಿಗಳಲ್ಲಿಯೂ, ಎರಡು ಆಶಯಗಳನ್ನಿಟ್ಟು ಇವುಗಳ ಮೂಲಕ, ನೀರನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸುವಂತೆ ಮಾಡಲಾಗುತ್ತದೆ. ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರಭಾಗವನ್ನು ಒಂದು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಆವರಣವು (Steam Chamber) ಸುತ್ತುಗಟ್ಟಿದೆ. ಇದರಿಂದ, ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರಭಾಗವು ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶದಲ್ಲಿಯೂ, ಅದರ ಒಳಭಾಗದಲ್ಲಿ ಪ್ರವಹಿಸುತ್ತಿರುವ ತಣ್ಣೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವಿರುತ್ತದೆ ಶಾಖವು ನಾಳಿಕೆಯ ದಪ್ಪದ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗಿ, ಒಳಗಿನ ನೀರನ್ನು ತಲಪುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದ ಒಳಗಿನ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ ಏರುತ್ತದೆ. ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಮೇಲೆ, ಒಳಗೆ ಪ್ರವಹಿಸುವ ನೀರು ಪ್ರವೇಶಮಾಡುವಾಗಲೂ, ಹೊರಗೆ ಬರುವಾಗಲೂ, ಹೊಂದಿರುವ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳನ್ನೂ ಉಷ್ಣಮಾಪಕಗಳಿಂದ ಅಳೆಯಬಹುದು. ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯು ಏರ್ಪಟ್ಟಮೇಲೆ ಗಾಜಿನ ನಾಳಿಕೆಯೊಳಗೆ ಪ್ರವೇಶದ್ವಾರದಲ್ಲಿ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ_3 ಮತ್ತು ನಿರ್ಗಮಿಸುವ ದ್ವಾರದಲ್ಲಿ ಅದರ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ_4–ಇವುಗಳನ್ನು ಗೊತ್ತುಮಾಡಬೇಕು. ಪ್ರವಹಿಸು

ತ್ತಿರುವ ನೀರು ಹೊರಗೆ ಬರುತ್ತಿರುವಾಗ ಅದನ್ನು ಒಂದು ಪಾತ್ರೆಯಲ್ಲಿ ನಿಯಮಿತಕಾಲ t secs ನಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸಿ, ಅದರ ತೂಕವನ್ನು m gme ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಉಷ್ಣವಹನದ ದರ$=\frac{d\theta}{dt}=\frac{m\ (\theta_3-\theta_4)}{t}$ ಕ್ಯಾಸೆ ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರಗಡೆ, ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ_1 ಮತ್ತು ಒಳಗಡೆ ಸರಾಸರಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ $=\theta_2=\frac{\theta_3+\theta_4}{2}$ ಉಷ್ಣವಹನದಲ್ಲಿ ಪಾಲುಗೊಳ್ಳುವ ನಾಳಿಕೆಯ ಉದ್ದ$=l$ ನಾಳಿಕೆಯ ಹೊರ ತ್ರಿಜ್ಯ ಮತ್ತು ಒಳ ತ್ರಿಜ್ಯ r_1 ಮತ್ತು r_2 ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

K=ಉಷ್ಣವಹನಗುಣಾಂಕ

$$=\frac{d\theta}{dt}\ \frac{(\log r_2-\log r_1)}{2\pi l\ (\theta_1-\theta_2)}$$

$$=\frac{m\ (\theta_4-\theta_3)\ (\log r_2-\log r_1)}{2\pi\ lt\ \left\{\theta_1-\frac{{}_3\theta+\theta_4}{2}\right\}}$$

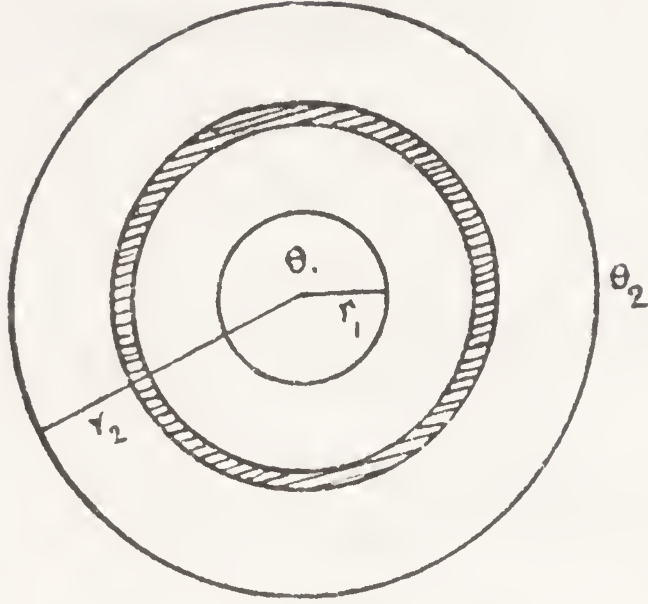
ಈ ಸಮೀಕರಣವನ್ನು ಸಾಧಿಸುವ ವಿವರಣೆ,

ನಾಳಿಕೆಯ ಉದ್ದ$=l$; ಒಳತ್ರಿಜ್ಯ$=r_1$

ಹೊರತ್ರಿಜ್ಯ—r_2. ಒಳಗಡೆ ಉಷ್ಣಾಂಷ—θ_1

ನಾಳಿಕೆಯ ಒಂಪು ಸಣ್ಣ ವಿಭಾಗದ ಮೂಲಕ ಶಾಖವು ವಹನವಾಗುವಾಗ ಆ ರೀತಿಯನ್ನು ಪರಿಶೀಲಿಸೋಣ. ವಿಭಾಗವು r ಮತ್ತು $r+\delta r$ ತ್ರಿಜ್ಯಗಳ ನಡುವೆ δr ದಪ್ಪದ ಒಂದು ಸಣ್ಣವಲಯ (annular shell) ದಂತಿರಲಿ. ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಿಲ್ಲಿ ನಾಳಿಕೆಯ ಅಕ್ಷದಿಂದ r ದೂರದಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶವು θ ಆಗಿರಲಿ. ಇದರ ಮೂಲಕ ವಹನವಾಗುವ ಶಾಖದ ದರವು

$$\frac{dq}{at}=-KA\frac{d\theta}{dr}$$



ಚಿತ್ರ 87
Flow of heat in a cylindrical tube

ಇಲ್ಲಿ $A=2\pi rl$

$$\therefore \frac{dq}{dt}=-2\pi rl\frac{d\theta}{dr}$$

ಸ್ಥಿರಸ್ಥಿತಿಯಲ್ಲಿ $\frac{dq}{dt}$ = ನಿಯತಾಂಕವಾಗಿರುತ್ತದೆ. K ಮತ್ತು l ನಿಯತವಾಗಿರುವುದರಿಂದ

$$r\ \frac{d\theta}{dt}=p$$ ಎಂದು ಇಟ್ಟುಕೊಳ್ಳಬಹುದು

$$d\theta=p\frac{dr}{r}$$

∴ ಇದನ್ನು ಸಂಕಲನ (integrate) ಮಾಡಿದರೆ $\theta=p\log r+a$ ಆಗುತ್ತದೆ.

ಇದು ಮೇರೆಯ ಬೆಲೆಗಳಿಗೆ ಹೊಂದಬೇಕಾಗಿರುವುದರಿಂದ.

$$\theta_1=p\log r_1+a$$
$$\theta_2=p\log r_2+a$$
$$(\theta_1-\theta_2)=p\ (\log r_1-\log r_2\ \theta_2)$$

$$p=\frac{\theta_1-\theta_2}{(\log r_1-\log r_2)}$$

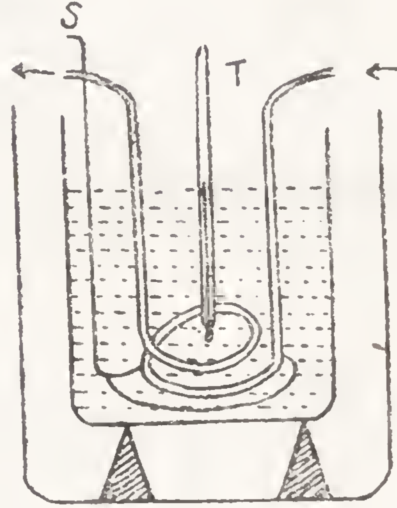
$$\therefore \frac{dq}{dt}=-K\, 2\pi\, l\, r \;\; \frac{d\theta}{dr}$$

$$=2\,\pi\, K\, l\, \frac{\theta_1-\theta_2}{(\log r_2-\log r_1)}$$

$$=K\; 2\pi\, l\, \frac{\theta_1-\theta_2}{(\log r_2-\log r_1)}$$

$$\therefore\; K=\frac{dq}{dt}\;\; \frac{\log r_2-\log r_1}{2\pi\, l\; (\theta_1-\theta_2)}$$

(v) ರಬ್ಬರ್‌ನ ವಹನ ಗುಣಾಂಕ



ಚಿತ್ರ ೮೮

ರಬ್ಬರ್‌ನ ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕ.

ನಾಳಿಕೆಯ ರೂಪದಲ್ಲಿರವ ರಬ್ಬರ್ ಟ್ಯೂಬನ್ನು ಸುರುಳಿಯಂತೆ ಮಾಡಿ ಅದರ $l$cms ಉದ್ದದಷ್ಟು ಭಾಗವನ್ನು ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದಲ್ಲಿರುವ ನೀರಿನಲ್ಲಿ ನಿಮಜ್ಜನ (immersed) ಮಾಡಬೇಕು. ಉಪಯೋಗಿಸುವ ನೀರಿನ ತೂಕ (m) ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಲರಿ ಮಾಪಕದ ಸಮಾನ ಜಲತೂಕ (water equivalent)ವನ್ನು ಮೊದಲೇ ಕಂಡುಹಿಡಿದುಕೊಳ್ಳಬೇಕು.

ರಬ್ಬರ್ ನಾಳಿಕೆಯ ಒಂದು ಕೊನೆಯಿಂದ ನೀರಿನ ಆವಿಯನ್ನು ಪ್ರವಹಿಸಿ, ಅದು ನಾಳಿಕೆಯ ಮೂಲಕ ಹಾಯ್ದು ಮತ್ತೊಂದು ತುದಿಯಿಂದ ಹೊರಗೆ ಬರುವಂತೆ ಮಾಡಬೇಕು. ನೀರಿನಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಉಷ್ಣಮಾಪಕವನ್ನು ಇಟ್ಟರೆ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಕ್ರಮೇಣ ಏರುತ್ತಿರುವುದನ್ನು ಕಾಣಬಹುದು. ರಬ್ಬರ್ ನಾಳಿಕೆಯ ಒಳಗಿನಿಂದ ಅದರ ದಪ್ಪದ ಮೂಲಕ ಶಾಖವು ವಹನವಾಗಿ, ಹೊರಗಿರುವ ನೀರಿನ ಉಷ್ಣಾಂಶವನ್ನು ಏರಿಸುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಸುಮಾರು $10^\circ c$ ಅಷ್ಟು ಏರಿದಮೇಲೆ ಆವಿಯ ಪ್ರವಾಹವನ್ನು ನಿಲ್ಲಿಸಬಹುದು. ಆವಿಯ ಪ್ರವಾಹದ ಕಾಲ t, ಮತ್ತು ಕ್ಯಾಲರಿಮಾಪಕದ ಪೂರ್ವ ಮತ್ತು ಅಂತ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶ θ_1 ಮತ್ತು θ_2 ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬಹುದು.

ರಬ್ಬರ್ ನಾಳಿಕೆಯ ಶಾಯಿ ಮುದ್ರಿಕೆ (ink-prints)ಗಳನ್ನು ತೆಗೆದು ಅದರ ಒಳ ಮತ್ತು ಹೊರ ತ್ರಿಜ್ಯ r_1 ಮತ್ತು r_2 ಗಳನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯಬೇಕು.

ಹಿಂದೆಯೇ ಸಾಧಿಸಿದ-ಸಮೀಕರಣದ ಪ್ರಕಾರ,

$$\frac{dq}{dt} = \frac{(m+w)\ (\theta_2-\theta_1)}{t}$$

θ_3 = ನೀರಿನ ಆವಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವಾಗಿದ್ದರೆ.

$$K = \frac{dq}{dt}\ \frac{\log r_2 - \log r_1}{2\pi l \left(\theta_3 - \frac{\theta_1+\theta_2}{2}\right)}$$

$$K = \frac{(m+w)\ (\theta_2-\theta_1)\ (\log r_2 - \log r_1)}{t.\ 2\ \pi\ l.\ \left\{\theta_3 - \frac{\theta_1+\theta_2}{2}\right\}}$$

ದ್ರವಗಳ ಉಷ್ಣವಹನ

ದ್ರವಗಳ ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕವನ್ನು ಕಂಡುಹಿಡಿಯುವುದರಲ್ಲಿ ಒಂದು ಸಮಸ್ಯೆಯನ್ನು ಎದುರಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ. ಇದು ಉಷ್ಣನಯನಕ್ಕೆ

(Convection) ಸಂಬಂಧಪಟ್ಟದ್ದು. ಉಷ್ಣನಯನವೇ ಅತಿ ಪ್ರಧಾನವಾಗಿರುವುದರಿಂದ ಅದನ್ನು ತಡೆಗಟ್ಟಲು ಒಂದು ಉಪಾಯವನ್ನು ಮಾಡಬೇಕು. ಮೇಲ್ಭಾಗವನ್ನು ಕಾಯಿಸುವುದರಿಂದ ಬಹುಮಟ್ಟಿಗೆ ಉಷ್ಣನಯನವನ್ನು ತಪ್ಪಿಸಿದಂತಾಗುತ್ತದೆ.

ಈ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಅನುಸರಿಸಿ, ಬರ್ಜೆ ಡೆಸ್‌ಪ್ರೇ, (Berget, Despretz) ಲೀಸ್ (Lees) ಮೊದಲಾದ ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು, ನೀರು, ಪಾದರಸ ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳ ವಹನಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಮೂಲಕ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ.

ಅನಿಲಗಳ ವಹನ (Conductivity of Gases) ವಿಚಾರವನ್ನು ವಿಮರ್ಶಿಸಿದರೆ, ಹೊಸ ಸಮಸ್ಯೆಗಳು ಉದ್ಭವಿಸುತ್ತವೆ. ಉಷ್ಣವಹನವೇ ಬಹಳ ಅಲ್ಪ ಪ್ರಮಾಣದ್ದು ; ನಯನ (Convection) ಮತ್ತು ವಿಕಿರಣ ಕ್ರಿಯೆಗಳು (Radiation) ಬಹಳ ಪ್ರಾಮುಖ್ಯತೆಯನ್ನು ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ. ಇದೂ ಅಲ್ಲದೆ, ಅನಿಲವು ಅಡಗಿರುವ ಘನ ವಸ್ತುವಿನ ವಹನ ಶಕ್ತಿಯೇ ಹೆಚ್ಚಾಗಿರುತ್ತದೆ. ಆದುದರಿಂದ ಕೆಲವು ವಿಶೇಷ ವಿಧಾನಗಳನ್ನು ಉಪಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುತ್ತದೆ.

ಆಂಡ್ರೂಸ್ (Andrews) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ಉಷ್ಣತಂತಿ (Hot wire method) ವಿಧಾನವನ್ನೂ, ಲೇಬಿ ಮತ್ತು ಹರ್ಕಸ್ (Laby & Hercus) ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಪಟಲ ವಿಧಾನವನ್ನೂ (Film method) ಬಹಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿಯಾಗಿ ಉಪಯೋಗಿಸಿ ಪ್ರಯೋಗಗಳನ್ನು ಮಾಡಿದ್ದಾರೆ.

ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ನಿರ್ಧರಿಸಲ್ಪಟ್ಟ ಕೆಲವು ಫಲಿತಾಂಶಗಳನ್ನು (Results) ಈ ಪಟ್ಟಿಯಲ್ಲಿ ಕೊಟ್ಟಿದೆ.

ವಸ್ತು	K (Cals/Sqcm/Sec/ unit temp grad)
ರಜತ	1.01.
ತಾಮ್ರ	0.92.
ಕಬ್ಬಿಣ	0.114.
ಗಾಜು	2.5×10^{-3}

ರಬ್ಬರ್	0.45×10^{-3}
ಎಬನೈಟ್	0.42×10^{-3}
ನೀರು	14.1×10^{-4}
ಜಲಜನಕ	32.8×10^{-5}
ಗಾಳಿ	5.40×10^{-5}
ಇಂಗಾಲಾಮ್ಲ	3.43×10^{-5}

ವೀಡ್‌ಮನ್ ಫ್ರ್ಯಾಂಜ್ ನಿಯಮ (Widemann Franz Law)

ವಸ್ತುಗಳ ವಿದ್ಯುತ್ ವಹನ ಶಕ್ತಿಗೂ, ಉಷ್ಣವಹನ ಶಕ್ತಿಗೂ ಸಂಬಂಧಿಸಿದಂತೆ ನಿಯಮವನ್ನು ಕ್ರಿ. ಶ. 1853ರಲ್ಲೇ ವೀಡ್‌ಮನ್ ಮತ್ತು ಫ್ರ್ಯಾಂಜ್ (Wiedemann & Franz) ಕಂಡುಹಿಡಿದರು.

K ಎಂಬುದು ಉಷ್ಣವಹನ ಗುಣಾಂಕ

σ............ವಿದ್ಯುತ್‌ವಹನ ಗುಣಾಂಕ

T............ಪರಮ ಉಷ್ಣಾಂಶ (Absolute Temperature)

ಆಗಿದ್ದರೆ, ಈ ನಿಯಮದ ಪ್ರಕಾರ.

$$\frac{K}{\sigma T} = \text{Constant.}$$

ಸಾಮಾನ್ಯ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಈ ನಿಯಮವು ಅನುಸರಿಸಲ್ಪಟ್ಟರೂ, ಕಡಮೆ ಉಷ್ಣಾಂಶಗಳಲ್ಲಿ ಇದರ ಮೌಲ್ಯ (Value)ವು ಕಡಮೆಯಾಗುತ್ತ ಹೋಗುತ್ತದೆ.

ಉಷ್ಣ ಮತ್ತು ವಿದ್ಯುತ್ ಶಕ್ತಿಗಳನ್ನು ವಹನ ಮಾಡುವ ಮಾಧ್ಯಮಗಳು (agents) ಸ್ವತಂತ್ರ ಎಲೆಕ್ಟ್ರಾನ್‌ಗಳೆಂದು ಭಾವಿಸಿ, ಡ್ರೂಡ್ (Drude) ಶಾಸ್ತ್ರಜ್ಞನು ಒಂದು ತತ್ತ್ವವನ್ನೇ ಪ್ರತಿಪಾದಿಸಿದನು. ವಾಸ್ತವ ಸ್ಥಿತಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವಂತೆ ಮಾಡಲೂ, ಪುಂಜ ಸಿದ್ಧಾಂತ (Quantum) theory)ವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಿಸಬೇಕಾಗುವ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿರುತ್ತದೆ.

ಕೆಲವು ಪ್ರಾಯೋಗಿಕ ಉಪಯೋಗಗಳು (Practical applications)

(1) ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಭಾಗ ಅಥವಾ ಚಿಪ್ಪು (Crust) ಹಗಲು ಹೊತ್ತು ಕಾದು ರಾತ್ರಿ ಆರುತ್ತದೆ. ಹೀಗೆ ಪರ್ಯಾಯ (alternate) ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಸಾಗುತ್ತಿರುವ—ಕಾಯುವುದು ಆರುವುದು—ಇದರ ಪರಿಣಾಮವಾಗಿ ಒಂದು ದೈನಂದಿನ ಶಾಖದ ರಂಗವು (diurnal heat wave) ಭೂಮಿಯೊಳಗೆ ಹೊಕ್ಕು, ವಿವಿಧ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ಉಷ್ಣಾಂಶ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಬೇಸಿಗೆ, ಚಳಿಗಾಲ—ಈ ಋತುಗಳಲ್ಲಿಯೂ ಒಂದು ವರ್ಷದ ಅವಧಿಯಲ್ಲಿ ನಡೆಯುವ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ಏರಿಳಿತಗಳು ಮತ್ತೊಂದು ವಾರ್ಷಿಕ ತರಂಗ (annual wave)ವನ್ನು ಉತ್ಪಾದನೆ ಮಾಡಿ, ಅದರ ಮೂಲಕವೂ, ಭೂಮಿಯೊಳಗೆ ಉಷ್ಣಾಂಶದ ವ್ಯತ್ಯಾಸಗಳನ್ನು ಉಂಟುಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಈ ಅಲೆಗಳ ಸ್ವರೂಪವನ್ನು ಶಾಸ್ತ್ರ ರೀತಿಯಾಗಿ ವಿಮರ್ಶಿಸಿ, ವಿಜ್ಞಾನಿಗಳು ಮೇಲೆ ತಿಳಿಸಿದ ತರಂಗದ ಅಂತರ (wave-length)ವನ್ನು ಕೂಡ ಕಂಡುಹಿಡಿದಿದ್ದಾರೆ.

$$h = \frac{\lambda^2}{4\pi T}$$

ಇಲ್ಲಿ λ = ತರಂಗಾಂತರ. T = ಆವರ್ತಕಾಲ (Periodic time) h = ಶಾಖ ವ್ಯಾಪಕ ಗುಣಾಂಕ (Thermal diffusivity)

ಹಿಂದೆಯೇ ತಿಳಿಸಿರುವಂತೆ

$$h = \frac{K}{\rho S}$$

K=ವಹನ ಗುಣಾಂಕ, ρ=ಸಾಂದ್ರತೆ, S=ಗ್ರಾಹ್ಯೋಷ್ಣ ; ಪ್ರಯೋಗಗಳ ಆಧಾರದ ಮೇಲೆ, ಈ ಕೆಳಗೆ ತಿಳಿಸಿರುವ ಅಂಶಗಳು ಸ್ಥಿರಪಟ್ಟಿವೆ.

ದೈನಂದಿಕ ತರಂಗ ಅಂತರ :— λ = 73 cms.

v = ತರಂಗವೇಗ = 8.4×10^{-4} cms/sec.

ಭೂಮಿಯೊಳಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸುವ ದೂರ = 100 cms.

ಪಾರ್ಶ್ವಿಕ ತೆರಂಗ ದೂರ $\lambda = 1400$ cms.

$v = 3.9$ cms/day.

ಭೂಮಿಯೊಳಗೆ ವ್ಯಾಪಿಸುವ ದೂರ = 1900 cms

(2) **ಭೂಮಿಯ ಆಯುಃ ಪರಿಮಾಣ (Age of earth)** ಭೂಮಿಯಲ್ಲಿ ಕೆಳಗೆ ಆಳವಾಗಿ ಹೋಗುತ್ತ ಇರುವಂತೆಯೇ, ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಏರುತ್ತ ಇರುತ್ತದೆ. ಅಂದಮೇಲೆ, ಭೂಗರ್ಭದಿಂದ ಶಾಖವು ಹೊರಗೆ ವಹನವಾಗುತ್ತಿದೆಯೆಂದು ಅರ್ಥವಾಗುತ್ತದೆ. ಭೂಮಿಯ ಚಿಪ್ಪಿನ (Crest) ವಹನ ಗುಣಾಂಕ (K)ವು ತಿಳಿದರೆ, ವರ್ಷೇವರ್ಷೇ ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯಿಂದ ಹೊರಕ್ಕೆ ಎಷ್ಟು ಶಾಖವು ಹೋಗುತ್ತಿದೆಯೆಂಬುದನ್ನು ತಿಳಿಯಬಹುದು. ಇದೇ ರೀತಿಯಲ್ಲಿ ಹಿಂದಕ್ಕೆ ಗುಣಿಸುತ್ತ ಹೋದರೆ ಹಿಂದಿನ ಕಾಲಗಳಲ್ಲಿ ಭೂಮಿಯ ಉಷ್ಣಾಂಶವು ಎಷ್ಟಿರಬಹುದೆಂಬುದನ್ನು ಊಹಿಸಬಹುದು. ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ ಗುಣಿಸಿ, ಕೆಲ್ವಿನ್ (Kelvin) ವಿಜ್ಞಾನಿಯು ತೋರಿಸಿರುವ ಪ್ರಕಾರ, ಸುಮಾರು 20 ಕೋಟಿ ವರ್ಷಗಳ ಹಿಂದೆ, ಭೂಮಿಯು ಒಂದು ಕರಗಿದ ಮುದ್ದೆಯಾಗಿದ್ದು (molten mass) ಅಲ್ಲಿಂದೀಚೆಗೆ ಮೇಲ್ಭಾಗದಲ್ಲಿ ಘನೀಭೂತವಾದ ಚಿಪ್ಪು ಬೆಳೆಯುತ್ತಿದೆ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗುತ್ತದೆ.

(3) ಕಟ್ಟಡಗಳಲ್ಲಿ ಉಪಯೋಗಿಸುವ ಇಟ್ಟಿಗೆ, ಕಲ್ಲು, ಮುಂತಾದ ವಸ್ತುಗಳ ವಹನ ಗುಣಾಂಕಗಳನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಗಳಿಂದ ತಿಳಿಯುವುದರಿಂದ, ಕುಲುಮೆಗಳು (Furnace Boiler) ಶೀತ ಶೇಖರಣಸ್ಥಾನಗಳು (Cold storage)—ಮುಂತಾದುವುಗಳ ನಿರ್ಮಾಣಕ್ಕೆ ಬಹಳ ಸಹಾಯಃವಾಗುತ್ತದೆ. ಚಳಿಯಿಂದ ರಕ್ಷಣೆ ಕೊಡುವ ಸಾಮರ್ಥ್ಯವು ಉಣ್ಣೆ ಬಟ್ಟೆಗಳಿಗೆ ಹೇಗೆ ಬಂದಿತೆಂದರೆ, ಅದರ ರಚನೆಯಲ್ಲಿರುವ ಅನೇಕಾನೇಕ ಛಿದ್ರಗಳಲ್ಲಿ ಅಡಗಿರುವ ಉಷ್ಣ ಅವಾಹಕ (poor conductor)ವಾದ ಗಾಳಿಯಿಂದಲೇ ಎಂದು ಗೊತ್ತಾಗಿದೆ.

ಈ ರೀತಿಯಾಗಿ, ಕೇವಲ ಶಾಸ್ತ್ರೀಯ ದೃಷ್ಟಿಯಿಂದ ಮಾಡಿದ ಪ್ರಯೋಗಗಳೂ ಕೂಡ ನಮ್ಮ ನಿತ್ಯ ಜೀವನದಲ್ಲಿ ಹಲವಾರು ದೃಷ್ಟಿಗಳಿಂದ ಉಪಯುಕ್ತವಾಗಿರುತ್ತವೆ.


BANGALORE UNIVERSITY LIBRARY
BANGALORE

